

Submitted in U.S. patent appln. no. 10/735,650

CFM03385
US

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 2 8 日
Date of Application:

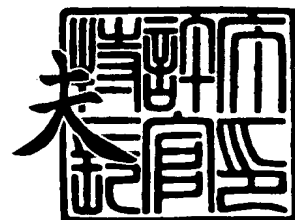
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 2 3 8 3 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 2 3 8 3 2]

出 願 人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 1 1 2 7 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 254128

【提出日】 平成15年 4月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/30

【発明の名称】 位置決め装置、及びその位置決め装置を利用した露光装置

【請求項の数】 20

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

 【氏名】 是永 伸茂

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100076428

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大塚 康德

 【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

 【識別番号】 100112508

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高柳 司郎

 【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】**【識別番号】** 100115071**【弁理士】****【氏名又は名称】** 大塚 康弘**【電話番号】** 03-5276-3241**【選任した代理人】****【識別番号】** 100116894**【弁理士】****【氏名又は名称】** 木村 秀二**【電話番号】** 03-5276-3241**【先の出願に基づく優先権主張】****【出願番号】** 特願2002-382495**【出願日】** 平成14年12月27日**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 003458**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0102485**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 位置決め装置、及びその位置決め装置を利用した露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 板状の可動子と、該可動子と対面する固定子との間で駆動力を発生させて、該可動子の位置決めを制御する位置決め装置であって、

前記可動子の板状面内に、配列周期に従い配列し、所定の方向に着磁された可動子磁石と、

前記配列周期に対応する間隔で配列する固定子コイルと、

隣接する前記固定子コイルに対して、位相差の異なる制御電流をそれぞれ供給し、前記可動子磁石と対面する前記固定子コイルとの間で、前記可動子を駆動させる駆動力を発生させる電流制御部と、

を有することを特徴とする位置決め装置。

【請求項 2】 前記固定子コイルは、

固定子コイルの直線部が第 1 の方向に延設された固定子コイルからなる第 1 層と、

該第 1 の方向と直交する第 2 の方向に、固定子コイルの直線部が延設された固定子コイルからなる第 2 層と、を、それぞれ 2 層若しくは 3 層を積層して構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の位置決め装置。

【請求項 3】 前記第 1 層または第 2 層を構成する固定子コイルは、前記制御電流に基づき、前記可動子磁石と対面する固定子コイルとの間で、1 自由度の駆動力を発生させることを特徴とする請求項 1 に記載の位置決め装置。

【請求項 4】 前記電流制御部は、前記第 1 層または第 2 層を構成する固定子コイルに対して、異なる極性の制御電流を与え、前記可動子磁石と対面する固定子コイルとの間で、並進及び回転の 2 自由度の駆動力を発生させることを特徴とする請求項 1 に記載の位置決め装置。

【請求項 5】 前記第 1 及び第 2 層をそれぞれ 3 層を積層して構成される固定子コイルは、前記制御電流に基づき、前記可動子磁石と対面する各層の固定子コイルとの間で、並進方向の 3 自由度と、回転方向の 3 自由度の駆動力を発生させることを特徴とする請求項 1 に記載の位置決め装置。

【請求項 6】 前記可動子磁石の配列は、磁石が配列されていない複数の欠損領域を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の位置決め装置。

【請求項 7】 前記板状の可動子は、前記可動子磁石を該可動子の板状の面内に配列させた第 1 領域と、

前記第 1 領域から面外に張り出した領域に、前記固定子コイルと対面する磁石を配列させた複数の張出領域と、

を有することを特徴とする請求項 1 に記載の位置決め装置。

【請求項 8】 前記張出領域または前記欠損領域は、前記第 1 領域の中央部に對して直線非対称な位置に配置されることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の位置決め装置。

【請求項 9】 前記電流制御部は、

前記可動子の位置を制御するために、前記第 1 領域に配列されている前記可動子磁石と、該可動子磁石に対面する前記固定子コイルとの間で、並進駆動力を発生させるための制御電流を、前記固定子コイルに供給することを特徴とする請求項 1 または 7 に記載の位置決め装置。

【請求項 10】 前記電流制御部は、

前記可動子の姿勢を制御するために、前記張出領域に配列されている前記磁石と、該磁石に対面する前記固定子コイルとの間で、回転駆動力を発生させるための制御電流を、前記固定子コイルに供給することを特徴とする請求項 1 または 7 に記載の位置決め装置。

【請求項 11】 前記固定子コイルを覆い、該固定子コイルを冷却する冷却用冷媒が循環可能な第 1 隔壁構造を更に有することを特徴とする請求項 1 に記載の位置決め装置。

【請求項 12】 冷却用冷媒が循環可能な第 1 冷却手段と、

前記冷却冷媒による冷却を、充填した熱伝導体を介して前記固定子コイルに伝導して冷却する第 2 冷却手段と、を更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の位置決め装置。

【請求項 13】 露光装置であって、

第 1 ウエハを保持し、所定の位置に該第 1 ウエハを位置決めする第 1 可動ステ

ージと、

第2 ウエハを保持し、所定の位置に該第2 ウエハを位置決めする第2 可動ステージと、

露光結果を計測する計測領域に位置する、前記第1 または第2 可動ステージを第1 方向に対して駆動させるための第1 固定子コイルと、

露光処理を実行する露光領域に位置する、前記第1 可動ステージまたは第2 可動ステージを、前記計測領域内にある可動ステージとは独立に、前記第1 方向に駆動させるための第2 固定子コイルと、

前記第1 可動ステージ及び第2 可動ステージを、前記第1 方向と直交する第2 方向に、独立に駆動するための第3 固定子コイルと、

前記第1 乃至第3 固定子コイルに対して、位相差の異なる制御電流をそれぞれ供給し、前記第1 及び第2 可動ステージの可動子磁石と対面する前記各固定子コイルとの間で、駆動力を発生させる電流制御手段と、

を有することを特徴とする露光装置。

【請求項14】 前記第1 及び第2 可動ステージは、配列周期に従い配列し、所定の方向に着磁された可動子磁石を有することを特徴とする請求項13に記載の露光装置。

【請求項15】 前記第1 乃至第3 固定子コイルは、前記配列周期に対応する間隔で配列していることを特徴とする請求項13に記載の露光装置。

【請求項16】 前記第1 及び第2 可動ステージを前記第2 方向に、それぞれ独立に駆動させる駆動力を発生させるために、前記第3 固定子コイルは、固定子コイル長さを分割して配列する領域を有することを特徴とする請求項13に記載の露光装置。

【請求項17】 前記第1 固定子コイル及び第2 固定子コイルは、コイルの直線部が前記第2 方向に延設されたコイルからなる第1層を構成し、

前記第3 固定子コイルは、コイルの直線部が前記第1 方向に延設されたコイルからなる第2層を構成し、

前記第1層及び第2層を、それぞれ2層若しくは3層、積層された構成を有することを特徴とする請求項13に記載の露光装置。

【請求項 18】 前記第 1 乃至第 3 固定子コイルを覆い、該固定子コイルを冷却する冷却用冷媒が循環可能な第 1 隔壁構造を更に有することを特徴とする請求項 13 に記載の露光装置。

【請求項 19】 冷却用冷媒が循環可能な第 1 冷却手段と、
前記冷却冷媒による冷却を、充填した熱伝導体を介して前記第 1 乃至第 3 固定子コイルに伝導して冷却する第 2 冷却手段と、を更に備えることを特徴とする請求項 13 に記載の露光装置。

【請求項 20】 デバイス製造方法であって、
基板に感光剤を塗布する工程と、
前記基板を請求項 13 に記載の露光装置により露光する工程と、
前記基板を現像する工程と、
を含むことを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高精度な位置決めが可能な位置決め装置、及びその位置決め装置を利用した露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

板状部材を可動部分とし、面内方向の所定の位置に板状可動部を位置決めするステージ機構の従来例として、特許文献 1 に開示されるものがある。ここで開示されている構成は、平面パルスモータを駆動源として、ワークを保持する板状部材だけを 2 次元に移動させるというものである。この方式では、可動部分として板状部材だけが移動するのでステージ可動部の小型軽量化に適している。

【0003】

図 24 は、従来例のステージ機構において、可動子の構成を示す図である。箱状部材 22 に誘導子歯鉄心にコイルを巻いたユニット 52、54、56、58、およびエア供給穴 60 が設けられており、可動子が形成される。

【0004】

図 2 5 は、従来例のステージ機構において、固定子の部分の構成を示す図である。固定子は板状部材 2 4 に形成されており、磁性体ベース 7 0 には 2 次元に磁性体の突起 7 2 が設けられている。突起 7 2 の間には樹脂 7 4 が充填されている。

【 0 0 0 5 】

図 2 6 は、従来例における固定子及び可動子の断面図であり、可動子には更に永久磁石 8 0、8 2 が設けられており、この永久磁石は可動子の推力源として機能すると同時に、可動子と固定子との間に吸引力を発生させる。また、上述の可動子のエア供給穴 6 0 から供給されるエアにより、可動子と固定子と間に空気圧を発生させ、この空気圧と吸引力とがバランスした状態となって、固定子上に可動子を離間した状態で浮上させることができる。

【 0 0 0 6 】

誘導子歯鉄心にコイルを巻いたユニット 5 4、5 6 と固定子は第 1 の方向、5 2、5 8 と固定子は第一の方向と直行する第二の方向にソーヤの原理により推力を発生する。この結果可動子は第一および第二の方向に自在に推力を発生し 2 次元に移動することが可能になっている。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】

特開平 8 - 0 0 6 6 4 2 号公報

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述における従来例の構成では、可動子が空気圧によって浮上するため真空中での使用ができず、また駆動方式がソーヤの原理によるパルスモータ方式なので磁気ギャップ方向にも進行方向にも固定子からの振動を伝えやすく高精度な位置制御をすることができないという課題がある。

【 0 0 0 9 】

また、可動子にコイルを含んでおりコイルに電力を供給するための電力ケーブルを引きずるのでケーブルからの外乱を受けやすく、この点でも高精度な位置制御ができないという課題がある。

【0010】

更に、図24～26に示した構成では、面内方向に直交する第1の方向と第2の方向にしか推力を発生することができないため、ステージ機構の姿勢を制御するためのチルト補正や回転方向の位置制御ができないため、たとえば、半導体露光装置のように姿勢や鉛直方向の位置決め精度の厳しいものには使用することができず、仮に使用ををするとしても、回転方向の姿勢を制御するための微動ステージを別途設ける必要が生じ、ステージ機構の構成が複雑になるという課題があった。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の課題を解決する位置決め装置等の提供を目的とするものである。

【0012】

すなわち、板状の可動子と、該可動子と対面する固定子との間で駆動力を発生させて、該可動子の位置決めを制御する位置決め装置は、

前記可動子の板状面内に、配列周期に従い配列し、所定の方向に着磁された可動子磁石と、

前記配列周期に対応する間隔で配列する固定子コイルと、

隣接する前記固定子コイルに対して、位相差の異なる制御電流をそれぞれ供給し、前記可動子磁石と対面する前記固定子コイルとの間で、前記可動子を駆動させる駆動力を発生させる電流制御部と、を有することを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】

<実施形態>

本発明にかかる実施形態を図1を用いて説明する。(a)は固定子100のXY平面内に可動子110が位置決めされた状態を示す図である。可動子110は一枚板状の部材として構成されている。(b)は固定子と可動子の関係をXZ平面から見た図である。可動子110は、略直方体形状の天板112と天板の下部に設けられた複数の永久磁石列114から構成されている。天板112の材質は

セラミック等の比剛性の高いものが望ましい。

【0014】

固定子100はベース118とベース上に固定された6層のコイル116から構成される。6層のコイル116を構成する各層は、図3の(a)または(b)に示すように複数の略長円形のコイル郡(116a, 116b)から構成される。各略長円形コイルの直線部はX方向またはY方向に略平行に配置される。図1の構成では、略長円形コイルの直線部がX方向に平行なもので構成される層が3層、略長円形コイルの直線部がY方向に平行なもので構成される層が3層、つまりX、Y方向にそれぞれ同じ層数により構成されている。図1(b)のA部に着目し、コイルの積層状態を拡大して図示したものが図2である。

【0015】

<固定子コイルの説明>

ベース部材100があって、その上に不図示の絶縁シートを介してコイル列6が設けられる。このコイル列6はX方向に平行な直線部を有する略長円形コイルから構成されるコイル層であり、 ω_x 方向の駆動に用いられる。

【0016】

コイル列6の上に不図示の絶縁シートを介してコイル列5が設けられる。コイル列5はY方向に平行な直線部を有する略長円形コイルから構成されるコイル層であり ω_y 方向の駆動に用いられる。

【0017】

コイル列5の上に不図示の絶縁シートを介してコイル列4が設けられる。コイル列4はX方向に平行な直線部を有する略長円形コイルから構成されるコイル層であり ω_z 方向の駆動に用いられる。

【0018】

更に、コイル列4の上に絶縁シートを介してコイル列3が設けられる。コイル列3はY方向に平行な直線部を有する略長円形コイルから構成されるコイル層でありZ方向の駆動に用いられる。

【0019】

コイル列3の上に絶縁シートを介してコイル列2が設けられる。コイル列2は

X方向に平行な直線部を有する略長円形コイルから構成されるコイル層であり、Y方向の駆動に用いられる。

【0 0 2 0】

更に、コイル列 2 の上に絶縁シートを介してコイル列 1 が設けられる。コイル列 1 は Y 方向に平行な直線部を有する略長円形コイルから構成されるコイル層であり X 方向の駆動に用いられる。

【0 0 2 1】

<可動子の説明>

図 4 は可動子 1 1 0 に構成された永久磁石列 1 1 4 の構成を示す図である。天板 1 1 2 の下部に複数の永久磁石列 1 1 4 が構成されている（図 4（a））。永久磁石列 1 1 4 は Z 方向に上向きに着磁された磁石と、Z 方向下向きに着磁された磁石と、X 方向に対して 4 5 度方向、1 3 5 度方向、- 1 3 5 度方向、- 4 5 度方向に着磁された磁石の 6 種類の磁石からなる。

【0 0 2 2】

Z 方向に上向きに着磁された磁石を「○」の中に「×」を書いた記号により標記（例えば、図 4（b）の 1 1 5 a）し、Z 方向下向きに着磁された磁石は「○」の中に「・」を書いた記号で標記する（図 4（b）の 1 1 5 b）。

【0 0 2 3】

また、X 方向に対して 4 5 度方向（図 4（b）の 1 1 5 c）、1 3 5 度方向（図 4（b）の 1 1 5 d）、- 1 3 5 度方向（図 4（b）の 1 1 5 e）、- 4 5 度方向（図 4（b）の 1 1 5 f）に着磁された磁石はその方向の矢印の記号により標記する。

【0 0 2 4】

図 4（b）において、Z 方向に上向きに着磁された磁石付近では Z 方向下向き向きの磁束が生成され、同様に Z 方向下向きに着磁された磁石付近では Z 方向上向き向きの磁束が生成される。また、X 方向に対して 4 5 度方向に着磁された磁石の付近では X 方向に対して - 1 3 5 度方向の磁束が生成され、X 方向に対して 1 3 5 度方向に着磁された磁石の付近では X 方向に対して - 4 5 度方向の磁束が生成される。同様に、X 方向に対して - 4 5 度方向に着磁された磁石の付近では X 方

向に対して135度方向の磁束が生成され、X方向に対して-135度方向に着磁された磁石の付近ではX方向に対して45度方向の磁束がそれぞれ発生する。これは、着磁方向による磁石列が水平面内に配列する磁石では、磁石の外部において磁石の着磁方向と逆向きの磁束が発生することによるものである。

【0025】

Z方向に着磁された磁石はX方向、Y方向ともに周期Lで配列しており、Z方向に着磁された磁石の対角方向には、 $(\sqrt{2}) \times L$ の周期で配列する。また、対角方向に配列で、Z方向上向きに着磁された磁石とZ方向下向きに着磁された磁石は $(\sqrt{2}/2) \times L$ ごとに交互に配列する。

【0026】

Z方向上向きに着磁された磁石115aとZ方向下向きに着磁された磁石115bとの間にX方向に対して45度方向に着磁された磁石115c、X軸に対して-135度方向に着磁された磁石115eが交互に配置されている。

【0027】

また、Z方向上向きに着磁された磁石115aとZ方向下向きに着磁された磁石115bとの間に、X方向に対して-45度方向に着磁された磁石115f、X軸に対して135度方向に着磁された磁石115dが交互に配置されている。この配置の方法はいわゆるハルバッハ配列といわれるものである。

【0028】

図4(b)は可動子110を下から眺めた図であるが、Z方向下向きの磁束(紙面に対して手前側に向かう磁束)は四方(X軸方向の ± 45 度、 ± 135 度)から集めらる磁束で強化され、Z軸方向上向きの磁束(紙面奥側に向かう磁束)は四方に分散される形で強化される。逆に反対側の面、つまり磁石と天板112の接合部では磁束が相殺し合い、磁束の分布は略ゼロとなる。

【0029】

固定子100と可動子に対面する側で、磁石の配置は、 $\pm Z$ 方向に着磁された磁石も、X方向に対して ± 45 度、 ± 135 度方向に着磁された磁石も、X方向、Y方向に沿って周期Lで配列している。よってXまたはY方向に沿って生じる鉛直方向(Z方向)の磁束密度も水平方向(X方向に対して ± 45 度、 ± 135

度方向)の磁束密度も周期 L の関数として、略サイン波で分布する。

【0030】

鉛直方向の磁束密度と水平方向の磁束密度は距離 $L/4$ だけずれて分布している。距離 L を360度とすると鉛直方向の磁束密度分布と水平方向の磁束密度分のピーク位置は90度($=360/4$)ずれている。

【0031】

図4(b)において、対角線上の右上部と左下部に欠損部A、Bが設けられている。この欠損部A、Bは後述のように ωz 方向のモーメント発生に寄与する。また、図4(b)に示すように磁石は対角線上の欠損部以外にもX方向に3領域(領域C、D、E)、Y方向に3領域(F、G、H)の欠損領域がある。これは後述のように対面するコイルが、必ず通電されないように制御される領域で推力にあまり寄与しないため軽量化のために磁石を取り除いたものである。この結果天板112の下面には+Z方向着磁磁石4個、-Z方向着磁磁石4個、X方向に対して-45度方向着磁磁石9個、X方向に対して45度方向着磁磁石6個、X方向に対して135度方向着磁磁石4個、X方向に対して-135度方向着磁磁石6個の合計33個の磁石からなる磁石ユニット(以下、「小磁石ユニット」という。)が14ユニット分、設けられる形になる。

【0032】

<並進力、浮上力の発生原理>

次に、図5A(a)、(b)を用いて並進力および浮上力の発生原理を説明する。基本はフレミングの法則を利用したローレンツ力である。各コイルの直線部はXまたはY方向に平行な状態で設けられているので、鉛直方向(Z方向)の磁束密度の中でコイルに電流を流せばXまたはY方向の並進力が発生するし、水平方向の磁束密度の中でコイルに電流を流せば浮上力または浮上力と逆方向の力を発生する。図5Aはコイル列2(図2を参照)と天板112の磁石列が配置した面をZ軸方向の下から見た図である。前述のようにコイル列2はコイルの直線部がX方向に平行に延設された略長円形コイルからなるコイル列の層である。各略長円形コイルの直線部のスパンは磁石周期 L (図4(b))の半分つまり $L/2$ であり、隣り合う略長円形コイル同士は $(3/4) \times L$ ずつ離れている。周期 L

を 360 度としたとき、隣り合う略長円形コイルは (3/4) 周期、すなわち、270 度ずつ位相がずれていることになる。

【0033】

図 5 A (b) は、略長円形コイルの配置と位相の関係を示す図であり、あるコイルを X 軸上 (= 位相 0 度) に考え、これを基準とすると (例えば、図 5 A (a) のコイル 150 a)、隣のコイル 150 b は 270 度位相がずれることになるので、位相は図 5 A (b) 中の点 A 2 にシフトする。さらにコイル 150 c は、コイル 150 b に対して 270 度位相がずれるので、位相は図 5 A (b) の点 B 2 にシフトする。コイル 150 a を基準とした場合、X 軸 0 度との関係では 180 度の位相がずれることになる。さらにコイル 150 c に隣接するコイル 150 d は、コイル 150 c に対して 270 度位相がずれるので、位相は図 5 A (b) の点 C 2 にシフトする。コイル 150 a を基準とした場合、90 度の位相が生じる。

【0034】

そして、コイル 150 d に隣接するコイル 150 e は、コイル 150 d との関係で 270 度の位相を有し、点 D 2 に位相をシフトさせる。この場合、コイル 150 a と、コイル 150 e とは同じ位相となる。

【0035】

1つおきのコイルの巻き方を逆にするか、必ず逆向きの電流を流すように制御すれば見かけ上 0 度と 90 度の 2 種類の位相のコイルから構成されているコイルを機能させることも可能である。図 5 A (a) では 1つおきのコイルの電流方向を必ず逆にするようにして、逆電流を流すコイルには「-」(マイナス) 符号をつけて表示している。よって見かけ上、コイルに流れる電流の相は A 相、B 相の 2 種類であり、これらの電流が決まると、-A 相、-B 相の電流は自動的に決まる。前述のように鉛直方向の磁束密度も水平方向の磁束密度も周期 L の略サイン波分布をしているので、各コイルに鉛直方向の磁束密度分布と同じ位相の電流を流すようにサイン波制御すれば位置によらず電流のサイン波振幅に比例した並進力が発生する。

【0036】

具体的には図 5 A に示す位置を $Y = 0$ とし、矢印方向に位置 Y が変化した場合、各相電流は以下の (1) ~ (4) で示される。

【0 0 3 7】

$$A \text{ 相電流: } I_A = I_c \times \cos \left((Y/L) \times 2 \times \pi \right) \quad \dots (1)$$

$$B \text{ 相電流: } I_B = I_c \times \sin \left((Y/L) \times 2 \times \pi \right) \quad \dots (2)$$

$$-A \text{ 相には } A \text{ 相と逆向きの電流} \quad \dots (3)$$

$$-B \text{ 相には } B \text{ 相と逆向きの電流} \quad \dots (4)$$

(1) ~ (4) による電流をそれぞれ流すと、位置によらず電流 I_c に比例した $\pm Y$ 方向の並進力を発生させることができる。

【0 0 3 8】

また各コイルに水平方向の磁束密度分布と同じ位相の電流を流すように制御すれば位置によらずほぼ一定の浮上力、またはその逆向きの力を発生させることができる。具体的には図 5 A (a) に示す位置を $Y = 0$ とし、矢印方向に位置 Y が変化した場合、

$$\begin{aligned} A \text{ 相電流: } I_A &= I_c \times \cos \left((Y/L) \times 2 \times \pi + (\pi/2) \right) \\ &= I_c \times \sin \left((Y/L) \times 2 \times \pi \right) \quad \dots (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B \text{ 相電流: } I_B &= I_c \times \sin \left((Y/L) \times 2 \times \pi + (\pi/2) \right) \\ &= I_c \times \cos \left((Y/L) \times 2 \times \pi \right) \quad \dots (6) \end{aligned}$$

$$-A \text{ 相には } A \text{ 相と逆向きの電流} \quad \dots (7)$$

$$-B \text{ 相には } B \text{ 相と逆向きの電流} \quad \dots (8)$$

(5) ~ (8) による電流をそれぞれ流すと、位置によらず I_c に比例した $\pm Z$ 方向の力(浮上力またはその逆方向の力)を発生させることができる。

【0 0 3 9】

尚、(1)、(2)、(5)、(6) において、電流 I_c は任意である。

【0 0 4 0】

図 5 A のように X 方向に平行な直線部を有する略長円形コイルからなるコイル層では $\pm Y$ 方向または $\pm Z$ 方向に任意の大きさの力を発生することが出来る。

【0 0 4 1】

同様に Y 方向に平行な直線部を有する略長円形コイルからなるコイル層 (例え

ば、図 3 (a)) では $\pm X$ 方向または $\pm Z$ 方向に任意の電流 I_c に比例した大きさの推進力、および浮上力またはその逆方法の力を発生させることができる。

【0 0 4 2】

しかし、実際には前述の図 4 (b) で説明したように、磁石は天板 1 1 2 の下面全面に配置されてはおらず、直線状の欠損領域を有する。このような磁石の無い部分ではコイルに電流を流しても推進力、浮上力を発生させないので、欠損領域に対する部分には電流を流さないように電流の印加を制御している。換言すると磁石と対面するコイルにだけ電流を流すように制御している。

【0 0 4 3】

図 5 B は、可動子 1 1 0 の駆動を制御するための制御ブロック図であり、電流制御部 5 0 0 は、上述の (1) ~ (8) で定義される電流を、A 相コイル (5 0 2)、-A 相コイル (5 0 4)、B 相コイル (5 0 6)、-B 相コイル (5 0 8) に対して、所定のタイミングで印加する。電流制御部 5 0 0 が生成する電流値は、装置の全体制御を司る装置制御部 5 1 0 により出力される制御指令値 5 0 1 と、位置検出部 5 2 0 (a ~ c) により検出される可動子 1 1 0 の位置検出情報 5 0 3 (a ~ c) と、姿勢検出部 5 3 0 (a ~ c) により検出される可動子 1 1 0 の姿勢情報 5 0 5 (a ~ c) と、に基づき制御される。

【0 0 4 4】

電流の制御において、磁石と対面するコイルだけに電流を流す制御の基本は A 相と B 相あるいは -A 相と -B 相のコイルの数を同じにすることである。コイルの磁束密度分布と同位相の電流を流す制御をすると、位置によらず略一定の並進力または浮上力が得られるということは、既に説明したが、それは A 相と B 相に対応するコイルの数が同じであることが必要となる。すなわち、各相のコイル数を等しくすることにより、A 相側で発生する力と、B 相側で発生する力とを効率よく並進力及び浮上力等に利用することが可能になる。

【0 0 4 5】

ここで、コイル数を A 相、B 相とで等しくするための ON/OFF 制御を図 6、図 7 を用いて説明する。

【0 0 4 6】

<ON/OFF制御>

図6 (a), (b) は並進力を発生させるコイル列に対する通電の切り替えを説明する図である。可動子110が固定子100と対面する面(天板112の下面)に構成された永久磁石列114と、固定子100のベース118上に構成されたコイルとの関係をXY平面内に示している。図4で説明したように天板112の下面には+Z方向の着磁磁石4個、-Z方向着磁磁石4個、X方向に対して-45度方向の着磁磁石9個、X方向に対して45度方向の着磁磁石6個、X方向に対して135度方向の着磁磁石4個、そしてX方向に対して-135度方向の着磁磁石6個の合計33個の磁石からなる小磁石ユニットが14ユニット(601~614)設けられる。これらの小ユニット各々に対してA相コイル、B相コイルあるいは-A相コイル、-B相コイルが等しい数だけ作用するように小磁石ユニットと対面するコイルのon/off制御をする。

【0047】

1層で考えると等しい数というのは1で小ユニットにはA相、B相あるいは-A相、-B相コイルが1つずつ作用するようにコイルをon/offする。

【0048】

コイルをonからoffにしたりoffからonにしたりするのはコイルに流す電流がゼロになるコイルで行う。

【0049】

図6 (a) は、可動子110がY軸矢印方向(可動子移動方向)に移動する状態に着目した図であり、同図においてコイルの通電がonになっているものを2重線(-B相のon)及び太い実線(A相のon)で示し、通電がoffになっているコイルを実線で示している。この状態では、-A相コイルがoff(実線)、A相コイルがon(太い実線)になっている。各コイルに鉛直方向の磁束密度分布と同じ位相の電流を流すようにサイン波制御すれば位置によらず電流のサイン波振幅に比例した並進力を発生させることができるので、図6 (a) の可動子110の位置ではコイルの直線部が、±Z方向に着磁された磁石の真上に位置するB相の電流を最大値となるように電流を制御する。そして、コイルの直線部が、±Z方向に着磁された磁石のちょうど中間に位置するA相の電流をゼロになるように制御

する。電流制御部 5 0 0 が、コイルに対する電流を on から off に、または off から on に制御するのは、コイルに流す電流がゼロになるコイルを対象とする。すなわち、図 6 (a) の位置に可動子 1 1 0 が移動する直前の状態では、- A 相が on、A 相が off である。

【 0 0 5 0 】

また、可動子 1 1 0 の位置より外側にあるコイルは ± A 相、± B 相にかかわらずすべて off である。電流制御部 5 0 0 が制御する電流は前述の (1) ~ (4) に従い、可動子の位置に応じて sin または cos の関数として定義される電流が A 相と B 相に流される。

【 0 0 5 1 】

この状態で可動子がさらに下方向に移動すると図 6 (b) の状態になる。この位置では B 相および - B 相の電流がゼロになる。(b) の位置では、(a) における位置で on 状態であった - B 相を off 状態にして、逆に off 状態であった B 相を on 状態にする。以下同じ手順を繰り返し、on/off を制御することにより、図 4 で説明した小磁石ユニットに A 相 (- A 相) と B 相 (- B 相) コイルがそれぞれ 1 個ずつ作用するように制御することが可能となり、全体としても A 相 (- A 相) と B 相 (- B 相) コイルが等しい数ずつ作用するように制御できるので、可動子 1 1 0 の位置によらず所定の指令値に比例した ± Y 方向の並進力を発生させることが可能になる。

【 0 0 5 2 】

図 7 (a), (b) は浮上力を発生させるコイル列に対する通電の切り替えを説明する図である。切り替えの考え方は図 6 の場合と同じであり、小磁石ユニットに A 相 (- A 相) と B 相 (- B 相) コイルが 1 個ずつ作用するように切り替えるようにしている。また on/off の切り替えは電流がゼロになる位置で行うように制御する。但し、並進力の発生の場合と浮上力の発生とでは電流がゼロになるコイルの位置が相違する。

【 0 0 5 3 】

並進力の場合はコイル直線部が、Z 方向に着磁された磁石と - Z 方向に着磁された磁石とのちょうど中間に位置するときに、電流はゼロに制御されるが、浮上

力を発生させる場合は、コイルの直線部が $\pm Z$ 方向に着磁された磁石の真上に位置するとき、電流がゼロに制御される。電流をゼロに制御する位置が、コイルの直線部と $\pm Z$ 方向に着磁磁石との関係において、並進力と浮上力とでは Y 軸方向の位置で、 $L/4$ 周期分ずれることになる。

【0 0 5 4】

図 6 と同様に可動子が Y 軸矢印方向に移動する場合、図 7 (a) では、 $-A$ 相 (B 相) を off にして、 A 相 ($-B$ 相) を on にするような切り替えを行う。さらに可動子 1 1 0 が矢印で示す可動子移動方向に移動して (図 7 (b))、 $-B$ 相と B 相のコイル直線部が $\pm Z$ 方向に着磁された磁石の真上にきたら $-B$ 相 ($-A$ 相) を off、 B 相 ($-A$ 相) を on と切り替える。以下同様に繰り返すことで位置によらず指令値に比例した Z 方向の力が発生できるようになる。

【0 0 5 5】

以上の説明は、コイルの直線部分が X 軸方向に平行に延設されている場合であるが、コイルの直線部が Y 方向に平行なコイル列においても同様に考えることができる。この場合、位置によらず指令値に比例した $\pm X$ 方向の並進力および $\pm Z$ 方向の浮上力を発生することができる。

【0 0 5 6】

以上から固定子全体として $\pm X$ 方向の並進力と $\pm Z$ 方向の力を発生させるコイル列の層が 3 層、 $\pm Y$ 方向の並進力と $\pm Z$ 方向の力を発生させる層が 3 層あるといえる。よって $X Y Z$ 方向の 3 自由度方向の力はいずれか単独あるいは、その組み合わせにより可動子 1 1 0 を並進、浮上、回転させることが可能である。

【0 0 5 7】

具体的には、図 2 に示すように磁石に最も近く直線部が Y 方向に平行な略長円形コイルから構成されるコイル列 1 で X 軸方向の並進及び浮上を行い、コイル列 1 の下方に隣接する、直線部が X 軸方向に平行な略長円形コイルから構成されるコイル列 2 で Y 軸方向の並進及び浮上を行い、更に、コイル列 2 の下方に隣接する、直線部が Y 方向に平行な略長円形コイルから構成されるコイル列 3 で X 軸方向の並進及び浮上を行う。

【0 0 5 8】

次に、図 8 から図 10 により、回転を制御するためのモーメントを発生させるための制御について説明する。

【0059】

図 8 は Z 軸回りのモーメントの発生を説明する図である。直線部が X 方向に平行な略長円形コイルから構成される層において、可動子 110 に構成されている磁石のうち、欠損部を含む領域と対面しているコイル部（801、802）だけ通電し、さらに、その両者でそれぞれ逆方向の並進力が発生するようにコイルの通電を制御する。磁石の配置に欠損部があるために、逆向きの並進力の作用線が X 方向にずれて、Z 軸回り（ ω_z 方向）のモーメントを発生させることができる。この Z 軸回りのモーメントは、具体的には図 2 に示すコイル列 4 を用いて発生させることができる。コイルの電流制御および切り替えは前述のとおりであるので説明は省略する。

【0060】

図 9 は X 軸回りのモーメントの発生を説明する図である。直線部が X 方向に平行な略長円形コイルから構成される層において、可動子 110 に構成されている磁石のうち、欠損部ない中央部の 8 個の小磁石ユニット（901～908）と対面するコイル部（910、911）だけを $\pm Z$ 方向力を発生するよう駆動し、可動子の中心線 G を境に互いに逆向きに作用する Z 方向の力を発生するようにコイルの通電を制御する。中心線 G から Y 方向にずれた位置で、Z 方向の互いに逆向きの力は、可動子 110 を X 軸回り（ ω_x 方向）に回転させるためのモーメントとなる。この X 軸回りのモーメントは、具体的には図 2 に示すコイル列 6 を用いて発生させることができる。

【0061】

図 10 は Y 軸回りのモーメントの発生を説明する図である。直線部が Y 方向に平行な略長円形コイルから構成される層において、可動子 110 に構成されている磁石のうち、欠損部のない中央部の 8 個の小磁石ユニット（1001～1008）と対面するコイル部（1010、1012）だけを $\pm Z$ 方向力を発生するよう駆動し、可動子の中心線 G を境に互いに逆向きに作用する Z 方向の力を発生するようにコイルの通電を制御する。中心線 G から X 方向にずれた位置で、Z 方向

の互いに逆向きの力は、可動子 110 を Y 軸回り (ω_y 方向) に回転させるためのモーメントとなる。この Y 軸回りのモーメントは、具体的には図 2 に示すコイル列 5 を用いて発生させることができる。

【0062】

これらの 6 軸方向の力は電流に比例するもので、可動子と固定子間の振動が絶縁できる。

【0063】

天板 112 と天板に非対称に配置された磁石列 114 だけからなる可動子 110 と、直線部が X または Y 方向に平行な略長円形コイル 116 で構成されるコイル層を複数重ねたコイル列 (1~6) をベース 118 に固定して構成される固定子 100 と、で平面モータを構成することができる。この平面モータは、コイル列に印加する電流を制御することにより、天板 112 と磁石列 114 だけからなる可動子 110 に 6 自由度方向のローレンツ力を付与することができる。この力を可動子の並進、可動子の浮上、および姿勢制御用の駆動力とし、図 5 B で示した位置検出部 520 (a~c)、姿勢検出部 530 (a~c) により可動子 110 の位置、姿勢を計測し、電流制御部 500 にフィードバックすることで、非常に高精度に所望の位置、姿勢を制御することが可能になる。

【0064】

以上説明したように、本実施形態によれば、6 自由度方向に直接的に推力およびモーメントを発生させることが可能になり、電力ケーブルを引き回すことがなく、可動部の浮上に空気圧を用いない位置決め装置の提供が可能になる。電力ケーブルの引き回しによる外乱を排除することができるので、6 軸方向に高精度に位置決めすることが可能になる。

【0065】

<変形例の説明>

図 11 (a), (b) は上述の実施形態の変形例を示す図である。可動子 110 は実施形態と同様の構成を有するものとする。また、固定子 200 は (b) においてコイル列 117 を拡大して示すように、4 層のコイルから構成されている点において、実施形態の構成と相違する。コイルを構成する直線部が X 方向に平

行な略長円形コイルで構成されるコイル列の層が2層、直線部がY方向に平行な略長円形コイルで構成されるコイル列の層が2層、合計4層からなる構成である。実施形態では6自由度方向の力を発生させるために、コイル列を6つの層に別々に設けていたが、本例では1層で2自由度の力を発生させる4層構成としている。

【0066】

図12は、Y軸方向の並進駆動と、Z軸回りの回転駆動の制御を説明する図である。直線部がX方向に平行な略長円形コイルからなるコイル層、具体的には図11のコイル列2を用いて可動子110に対面するコイル(1220、1230)だけを駆動し、かつ中心線Gに対して、可動子110の上半分と下半分で個別の並進力が生成されるように、コイル列に印加すべき電流が制御される。可動子110の上半分に対応するコイル1220と、可動子110の下半分に対応するコイル1230と、に印加される制御電流により生成される力の並進方向成分の和がY方向の並進力になる。

【0067】

また、可動子110の上半分に位置する小磁石ユニット(1201~1207)と対面するコイル列1220により生成される並進Y軸方向の第1並進力(Y軸)と、可動子110の下半分に位置する小磁石ユニット(1208~1214)と対面するコイル列1230とにより生成される並進Y軸方向の第2並進力(Y軸)は、それぞれ、欠損部分の存在により作用線がX方向にずれるために、第1並進力(Y軸)と第2並進力(Y軸)の差が偶力として、Z軸回りの回転モーメントを与える。

【0068】

図14は、X軸方向の並進駆動と、Z軸回りの回転駆動の制御を説明する図である。直線部がY方向に平行な略長円形コイルからなるコイル層、具体的には図11のコイル列1を用いて可動子110に対面するコイル(1420、1430)だけを駆動し、かつ中心線Gに対して、可動子110の上半分と下半分で個別の並進力が生成されるように、コイル列に印加すべき電流が制御される。可動子110の上半分に対応するコイル1420と、可動子110の下半分に対応す

るコイル 1430 と、に印加される制御電流により生成される力の並進方向成分の和が X 方向の並進力になる。

【0069】

また、可動子 110 の上半分に位置する小磁石ユニット（1401～1407）と対面するコイル列 1420 により生成される並進 X 軸方向の第 1 並進力（X 軸）と、可動子 110 の下半分に位置する小磁石ユニット（1408～1414）と対面するコイル列 1430 とにより生成される並進 X 軸方向の第 2 並進力（X 軸）は、それぞれ、作用線が、欠損部分の存在により Y 方向にずれるために、第 1 並進力（X 軸）と第 2 並進力（X 軸）の差が偶力として、Z 軸回りの回転モーメントを与える。

【0070】

図 13 は、Z 軸方向の並進（浮上）駆動と、X 軸回りの回転駆動の制御を説明する図である。直線部が X 方向に平行な略長円形コイルからなるコイル層、具体的には図 11 のコイル列 4 を用いて可動子 110 に対面するコイル（1320、1330）だけを駆動し、かつ中心線 G に対して、可動子 110 の上半分と下半分で個別の浮上力が生成されるように、コイル列に印加すべき電流が制御される。可動子 110 の上半分に対応するコイル 1320 と、可動子 110 の下半分に対応するコイル 1330 と、に印加される制御電流により生成される力の Z 方向成分の和が Z 方向の浮上力になる。

【0071】

また、可動子 110 の上半分に位置する小磁石ユニット（1301～1307）と対面するコイル列 1320 により生成される Z 軸方向の第 1 浮上力と、可動子 110 の下半分に位置する小磁石ユニット（1308～1314）と対面するコイル列 1330 とにより生成される Z 軸方向の第 2 浮上力は、それぞれ、作用線が、欠損部分の存在により Y 方向にずれるために、第 1 浮上力と第 2 浮上力の差が偶力として、X 軸回りの回転モーメントを与える。

【0072】

図 15 は、Z 軸方向の並進（浮上）駆動と、Y 軸回りの回転駆動の制御を説明する図である。直線部が Y 方向に平行な略長円形コイルからなるコイル層、具体

的には図11のコイル列3を用いて可動子110に対面するコイル(1520、1530)だけを駆動し、かつ中心線Gに対して、可動子110の上半分と下半分で個別の浮上力が生成されるように、コイル列に印加すべき電流が制御される。可動子110の上半分に対応するコイル1520と、可動子110の下半分に対応するコイル1530と、に印加される制御電流により生成される力のZ方向成分の和がZ方向の浮上力になる。

【0073】

また、可動子110の上半分に位置する小磁石ユニット(1501~1507)と対面するコイル列1520により生成されるZ軸方向の第3浮上力と、可動子110の下半分に位置する小磁石ユニット(1508~1514)と対面するコイル列1530とにより生成されるZ軸方向の第4浮上力は、それぞれ、作用線が、欠損部分の存在によりX方向にずれるために、第3浮上力と第4浮上力の差が偶力として、Y軸回りの回転モーメントを与える。

【0074】

本変形例に示した構成によると、固定子側のコイル層の数を減らすことが可能になる。別の観点では、6層分のコイル断面積を許容量とすると、1層あたりのコイル断面積を1.5倍(=6層/4層)に増やすことができ、コイルの抵抗を減少させること、ひいてはコイルに対して電流を印加することによる発熱を減少させることが可能になる。

【0075】

<半導体露光装置への適用>

図16A(a)は上述の実施形態若しくはその変形例の構成に基づく可動子が2個と、固定子とを有するツインステージの位置決め装置を半導体露光装置に適用した構成を示す図である。図16A(b)は、2つの可動子1630a, bが、固定子1660のコイル列1640上の面内に位置決めされた状態を示す図である。各々の可動子1630a, bには不図示ウエハチャックが搭載され、その上に被露光体であるウエハが載置される。また可動子1630a, bの天板(図1の112に相当する)の側面および上面には、可動子の位置及び姿勢を検出するためのミラー(不図示)が形成されており、例えば、レーザー干渉計等の利用

により各可動子の 6 自由度方向の位置、姿勢を計測することが可能である（図 5 B に示す計測手段（520a～c、530a～c））。

【0076】

半導体露光装置全体は、露光用光学系 1620 により露光された露光パターンの位置を計測光学系 1610 で計測する計測領域 1670 と、ウエハ上に半導体回路パターンを露光光学系 1620 により露光する露光領域 1680 を有する。また、ウエハを半導体露光装置に供給し、回収するための手段（不図示）は、計測領域 1670 の左側に配置しており、図 16A（a）矢印で示すように、ウエハのローディング（供給）／アンローディング（回収）は計測領域 1670 内で行われるように構成されている。

【0077】

可動子 1630a、b は実施形態と同じ構成である。固定子 1660 のコイル列 1640 は力の発生原理は実施形態と同様であるが、構成に特徴がある。2 個の可動子 1630a、b を計測領域 1670、露光領域 1680 の各々で自在に移動位置決めする機能と、2 個の可動子 1630a、b の位置を露光領域 1680 から計測領域 1670 へ、逆に計測領域 1670 から露光領域 1680 へと入れ替える機能と、の両方が達成できるようになっている。

【0078】

固定子は実施形態やその変形例と同様に略長円形コイルから構成される 4 層または 6 層のコイル列の積層構造を有する。

【0079】

図 17（a）に示すように、コイルの直線部が X 方向に平行な略長円形コイルから構成される層は、図 16A（b）の計測領域 1670 と、露光領域 1680 と、に対応して左右に 2 分割されている。このように 2 分割されていることで 2 つの可動子 1630a、b が面内において、並んだときでも各可動子 1630a、b に対する 6 軸方向の力を独立に制御することができるようになる。

【0080】

逆に、左右に二分割されていないと 2 つの可動子 1630a、b が横に並んだときに、コイルの直線部が X 方向に平行な略長円形コイルが 2 つの可動子で共通

となるために、各可動子ごとに 6 軸方向の力を独立に制御することができなくなる。半導体露光装置において、露光領域 1680 と計測領域 1670 とで、2 つの可動子を独立に移動させる場合、必ず 2 つの可動子が横に並ぶ場合がある。よって、図 17 (a) に示すようにコイルの直線部が X 方向に平行な略長円形コイルから構成されるコイル列の層では、略長円形コイルを左右に二分割にする構成は、2 つの可動子ステージを独立に制御するために必須の構成となる。

【0081】

また、図 17 (b) に示すように、コイルの直線部が Y 方向に平行な略長円形コイルから構成される層は、コイルの直線部が上下に分割された領域 1730 を有する。このコイルが上下に分割された領域 1730 では、2 つの可動子が上下に並んだ状態、つまり 2 つの可動子の X 座標が略同一の位置にあり、Y 座標のみが異なる位置にある場合に、2 つの可動子 1630 a, b に対する 6 軸方向の力を独立に制御することが可能になる。たとえば、図 17 (b) の領域 1740 のように、コイルの直線部が Y 方向に平行な略長円形コイルが上下に分割されていない領域では、2 個の可動子が Y 方向に上下に並んだ状態で配置されると、コイルの直線部と可動子とが対面するコイルは両方の可動子に対して共通に使用されることとなり、コイルが発生する力を各可動子ごとに独立に制御することはできず、ひいては各可動子の 6 軸方向の力を独立に制御することができなくなる。

【0082】

2 つの可動子が Y 方向に上下に並ぶ状況は、2 つの可動子を露光領域 1680 から計測領域 1670 へ、逆に計測領域 1670 から露光領域 1680 へと入れ替えるときに必ず発生する。図 17 (b) に示すような直線部が Y 方向に平行な略長円形コイルが上下に分割された領域 1730 を有することは、X 方向に独立に駆動することが可能な力を発生させるために必須の構成となる。

【0083】

可動子 1630 a, b の動作を以下、図 18 ~ 20 を用いて説明する。

【0084】

図 18 では、第 1 可動子 1630 a が露光領域 1680 に、第 2 可動子 1630 b が計測領域 1670 に位置している。第 1 可動子 1630 a には露光処理中

のウエハが載置されており、第1可動子1630aは露光領域の所定の露光位置にウエハを位置決めし、搬送する動作を行っている。露光用光学系1620は、露光領域1680内の第1可動子1630a上に載置されているウエハを露光する。第2可動子1630b上には露光処理が終了したウエハが載置されている。計測領域1670において、計測用光学系1610は、露光されたウエハ上のパターン位置を計測する。そして、計測完了後、不図示のウエハ回収手段により、露光が終了したウエハを回収すると、不図示のウエハ供給手段が露光用として、露光がされていないウエハを第2可動子1630b上のウエハチャック（不図示）に供給する。

【0085】

第1可動子1630aの駆動により、露光領域1680での露光処理が完了し、第2可動子1630bの駆動により、計測領域1670での計測処理が完了し、ウエハの回収／供給がされると、両可動子1630a, bは領域をそれぞれ入れ替えるために移動する。両可動子1630a, bは、図18(a)に示すようにすれ違うときにぶつからないように第1可動子1630aは上方に、第2可動子1630bは下方に移動する。この際、両可動子の退避ルートは、第1可動子1630a、第2可動子1630bの関係が逆になってもよい。次に、図18(b)に示すように第1可動子1630aは図17(b)に示した上下分割コイルの上側を通過するように移動し、第2可動子1630bは図17(b)に示した上下分割コイルの下側を通過する。このとき2つの可動子は略回転対称な位置関係ですれ違うのが望ましい。

【0086】

例えば、図19に示すように、図17(b)のコイル列の層と可動子との位置関係において、2つの可動子の位置関係が略回転対象となっておらず、上下の可動子に偏差(δ)が生じ、一方の可動子が他方の可動子の駆動力領域に入ると、2つの可動子が同一の駆動力を発生させるコイル列の領域に存在することとなり、各ステージを別個独立に制御することはできなくなる。このような状態を回避するために、各可動子1630a, bは図18(a)(b)の状態になるまで、最終的な領域の入れ替えを待機するよう制御される。

【0087】

可動子のすれ違いが完了すると、第2可動子1630bは、露光領域1680に入り、露光処理が開始する。また、計測領域1610では、第1可動子1630a上のウエハが計測用光学系1610により計測される。ウエハチャック（不図示）からは計測処理が終わったウエハが回収され、新しいウエハが供給される。計測処理、露光処理が、2つの可動子の独立した駆動に基づき実行される。以上説明した構成を採用することにより、各々の可動子にウエハが載置されているので露光動作とパターン位置計測動作が並列的に処理できるので、半導体露光装置の生産性を向上させることが可能になる。

【0088】

<可動子磁石の配置の変形例>

図20、図21は可動子に設けられる磁石の配置の変形例を示す図である。図20(a)は実施形態で説明した構成であり、磁石が配置されていない欠損部A、B、及び領域C乃至Hが含まれるが、このうち、領域C乃至Hに関しては、かかる領域に磁石を配置した構成、図20(b)のようにしてもよい。この場合においても、可動子を駆動するための制御自体は上述の内容と同一である。実施形態における磁石の構成（図20(a)）では、磁石は33個の磁石からなる小磁石ユニット単位に分割された形になっていたが、(a)の構成では各小磁石ユニットの各辺端部において磁束が低下するという問題があるが、(b)の構成では、直線状の領域C乃至Hに磁石で埋めることで小磁石ユニットの各辺端部をなくしている。このため小磁石ユニットの各辺端部における磁束の低下を起こすことなく、可動子磁石と、固定子コイルとの間で発生する力の均一性を向上させることが可能になる。

【0089】

図21は、可動子磁石の配置の別の変形例を示す図である。上述の実施形態において説明した構成では（図4(b)）、対角線上の右上と左下に位置する欠損領域A、Bを設け、Z軸回りの回転モーメントを発生させていたが、この欠損領域の位置は、図4(b)の位置に限定されるものでなく、例えば、図21(a)では欠損領域（2110a, b）が可動子面内の内側にシフトした位置に設けて

もよく、また、図 21 (b) に示すように、欠損領域が 2110c、2110d に示されるように、可動子面内の対角線上に無い位置に設けてもよい。

【0090】

このように、欠損領域の配置を変更した場合であっても、実施形態と同様に、ある層において、2つの欠損領域と対面するコイル列に互いに逆方向の電流を流して逆向きの並進力を発生させるか、あるいは可動子の中心線に対して、上半分と下半分で個別の並進力が生成されるようにして、コイル列に印加すべき電流を別個に制御して Z 軸回りの回転モーメントを発生させることもできる。

【0091】

図 27 は可動子磁石の配置の別の変形例を示す図である。これまでは可動子の磁石配置の変形例として欠損部の配置を変える例を示したが、図 27 に示す変形例は、欠損部としてではなく、可動子にそれぞれ張り出した領域 (2701、2702) を設け、この領域に可動子磁石を配置させた例を示すものである (以下、この領域を「張出領域」とする)。

【0092】

コイルの直線部が X 方向に平行な略長円形コイルから構成される層において、可動子 110 に構成されている磁石のうち、張出領域部分と対面しているコイル部 (2703、2704) にだけ通電し、さらに、その両方でそれぞれ逆方向の並進力が発生するようにコイルの通電を制御する。張出領域部 2701 と 2702 は X、Y 方向にずれて、X 座標、Y 座標が異なる位置に、配置されているので、逆向きの並進力の作用により Z 軸回り (ω_z 方向) のモーメントを発生させることができる。コイルの電流制御および切り替えは前述のとおりであるので説明は省略する。

【0093】

また、他の駆動軸に関するモーメント (ω_x 、 ω_y) の作用も前述のとおりなので説明は省略するが、図 27 のように張出領域部分を設け、この部分に配置した可動子磁石による力を制御して、可動子 110 の姿勢を制御するためのモーメントを発生させる構成は、固定子側のコイルの利用効率を向上させ、コイルの通電による発熱量を低減できるという本変形例特有の効果を与えるものである。

【0094】

図 27 の構成によれば、可動子 110 の張出領域部以外の領域、つまり中央の正方形領域 2705（第 1 領域）に配置された可動子磁石がすべて可動子 110 の並進方向の駆動に使用できるようになる。Z 軸回りの回転を張出領域部（2701：第 2 領域）、張出領域部（2702：第 3 領域）と対面するコイル（2703、2704）で行い、並進駆動を中央の正方形領域 2705（第 1 領域）と対面するコイルで行う場合、Z 軸回りの回転に寄与するコイルと、並進駆動に寄与するコイルとを全く別にする可動子磁石の配置（図 27）は、可動子磁石の配置に欠損部がある例（例えば、図 8）と比較して、同一の駆動力を発生させるとすると、コイルの発熱量は $1/2$ になる。可動子磁石の配置に欠損部がある例（例えば、図 8）では、欠損部を含まない領域 803（図 8）の可動子磁石の数は、図 27 の正方形領域 2705 に配置された可動子磁石の数の半分であり、図 8 の構成により得られる駆動力と同一の駆動力を図 27 の構成で与えるとすると、可動子磁石の数のコイル抵抗（ R ）は 2 倍となるが、電流（ I ）は $1/2$ になるので、結果としてコイル全体の発熱量（ $Q = I^2 \cdot R$ ）は $1/2$ になる。

【0095】

図 28、図 29 は張出領域部の位置を変えた別の構成例を示す図である。図 28 の構成では、図 27 の構成に比べて張出領域部（2801、2802）の位置が、それぞれ X- 方向に X1、X+ 方向に X1、シフトしている。また、図 29 の構成では、図 28 の構成よりも更に張出領域（2901、2902）の位置がそれぞれ X- 方向に X2、X+ 方向に X2、シフトしている。張出領域の位置を可動子 110 の Y 軸方向の中心（重心）軸 G2 に近づけるようにシフトさせることにより可動子 110 の Y 軸回りの慣性モーメントを低減することができる。この関係は、張出領域を X 軸方向の中心軸に近づけて構成した場合でも同様である。回転を発生させるモーメントが小さい場合でも、慣性モーメントを低減することにより効果的に姿勢を制御することが可能になる。また、図 28、29 に示すような張出領域を設ける場合でも、駆動制御やその際の発熱量の低減効果は図 27 と同様である。

【0096】

以上説明したように姿勢を制御する、Z軸回りのモーメントを発生させるための可動子磁石の配置は、可動子の板面内に欠損部を設けてもよいし、図27～図29のように張出領域部を設けてもよい。ここで、張出領域は、固定子コイルと対面する磁石の配列を有し、この配列は、正方形領域2705（第1領域）に構成されている可動子磁石の配列周期と等しい配列周期を有するものとする。張出領域を含む可動子110の可動面内の平面形状は、図27～図29に示すように、正方形領域2705（第1領域）の中央部（重心）GPを通る軸（G1、G2）に対して、非対称な形状、つまり直線非対称な形状となり、中央部GPに対して、略回転対称な形状となる。回転対象となる形状は、その回転中心と可動子の重心位置とが一致しやすいので好ましい配置となる。

【0097】

＜コイルの冷却構造＞

上述の実施形態及びその変形例、半導体露光装置への適用例において、可動子磁石は、固定子のコイル列に印加された所定の制御電流により生成された磁力により、並進、浮上、回転の駆動力を発生させる。これら駆動力の発生は、ローレンツ力によるものであるため、コイルに対する負荷に伴い発熱量は増加する。コイルを冷却し、発熱を除去することでコイルにより大きな電流を流すことが可能となり、更に、可動子の位置計測をするための計測環境に対して熱擾乱を低減できる点において好ましい。

【0098】

図22は、冷媒2240でコイルを直接冷却する構成を示す図である。実施形態における構成に加えて、ベース118からコイル列116を囲う隔壁2210が設けられている。隔壁の中にはフロリナートや純水などの冷媒2240が満たされ、冷媒入り口2220から冷媒出口2230に向けて、不図示の循環系によって温度制御された冷媒2240が循環するようになっている。このように、コイル列116を冷媒2240により直接的に冷却することで、コイルの温度上昇を効果的に低減することが可能になる。

【0099】

図23は熱伝導材2310を介してコイルを間接的に冷却する構成を示す図で

ある。図 2 2 の構成と同様にベース 1 1 8 からコイルを囲う隔壁 2 2 1 0 が設けられているが、隔壁 2 2 1 0 内は熱伝導率の高い熱伝導体 2 3 1 0 で満たされている。冷媒 2 3 4 0 はベース 1 1 8 に設けられた、冷媒入り口 2 3 2 0 から冷媒出口 2 3 3 0 に向けた流路を通して不図示循環系によって循環するようになっている。この構成ではまずベース 1 1 8 を冷却し、熱伝導体 2 3 1 0 を介した熱伝導により間接的にコイルを冷やすことができる。この構成は、図 2 2 の構成に比べて、ややコイル温度は上昇するがコイルと冷媒が直接接触れないので絶縁対策が簡便なもので済むようになり、冷媒漏れ対策は不要になる。また隔壁が冷媒の内圧を受けなくなるので隔壁を薄くすることができるという点で優れている。

【0 1 0 0】

<半導体製造プロセスへの適用例>

上記の露光装置を用いた半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、CCD、液晶パネル等）の製造プロセスを図 1 6 B を用いて説明する。

【0 1 0 1】

図 1 6 B は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。ステップ 1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ 2 では設計した回路パターンに基づいて露光装置の露光制御データを作製する。一方、ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の組み立て工程を含む。ステップ 6（検査）ではステップ 5 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これを出荷（ステップ 7）する。

【0 1 0 2】

上記ステップ 4 のウエハプロセスは以下のステップを有する。ウエハの表面を酸化させる酸化ステップ、ウエハ表面に絶縁膜を成膜する C V D ステップ、ウエ

ハ上に電極を蒸着によって形成する電極形成ステップ、ウエハにイオンを打ち込むイオン打ち込みステップ、ウエハに感光剤を塗布するレジスト処理ステップ、上記の露光装置によって回路パターンをレジスト処理ステップ後のウエハに転写する露光ステップ、露光ステップで露光したウエハを現像する現像ステップ、現像ステップで現像したレジスト像以外の部分を削り取るエッチングステップ、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト剥離ステップ。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。

【0 1 0 3】

これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。上述の露光装置を用いることにより、露光精度の高精度化および装置のスループットの向上を図ることが可能になるので、従来に比べて半導体デバイスの生産性を向上させることができる。

【0 1 0 4】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、6 自由度方向に直接的に推力およびモーメントを発生させることが可能になり、電力ケーブルを引き回すことがなく、可動部の浮上に空気圧を用いない位置決め装置の提供が可能になる。

【0 1 0 5】

あるいは、電力ケーブルの引き回しによる外乱を排除することができるので、6 軸方向に高精度に位置決めすることが可能になる。

【0 1 0 6】

あるいは、可動子に配置する磁石を、並進駆動力を発生させる磁石と、可動子に張出領域設け、この領域に回転駆動力を発生させる磁石と、分けて配置することで、可動子の駆動時にコイルに発生する発熱量を低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明にかかる位置決め装置の実施形態を説明する図である。

【図 2】

実施形態にかかる固定コイルの構成を拡大して示す図である。

【図 3】

実施形態における固定コイルの構成を説明する図である。

【図 4】

可動子 1 1 0 に構成された永久磁石列 1 1 4 の構成を示す図である。

【図 5 A】

並進力および浮上力の発生原理を説明する図である。

【図 5 B】

実施形態において、可動子 1 1 0 の駆動を制御するための制御ブロック図である。

【図 6】

並進力を発生させるコイル列に対する通電の切り替えを説明する図である。

【図 7】

浮上力を発生させるコイル列に対する通電の切り替えを説明する図である。

【図 8】

回転を制御するための Z 軸回りのモーメントを発生させるための制御について説明する図である。

【図 9】

回転を制御するための X 軸回りのモーメントを発生させるための制御について説明する図である。

【図 1 0】

回転を制御するための Y 軸回りのモーメントを発生させるための制御について説明する図である。

【図 1 1】

コイル列の積層を変えた実施形態の変形例を示す図である。

【図 1 2】

変形例において、Y 軸方向の並進駆動と、Z 軸回りの回転駆動の制御を説明する図である。

【図 1 3】

変形例において、Z 軸方向の並進（浮上）駆動と、X 軸回りの回転駆動の制御を説明する図である。

【図 1 4】

変形例において、X 軸方向の並進駆動と、Z 軸回りの回転駆動の制御を説明する図である。

【図 1 5】

変形例において、Z 軸方向の並進（浮上）駆動と、Y 軸回りの回転駆動の制御を説明する図である。

【図 1 6 A】

実施形態若しくはその変形例の構成に基づく可動子が 2 個と、固定子とを有するツインステージの位置決め装置を半導体露光装置に適用した構成を示す図である。

【図 1 6 B】

デバイス製造プロセスのフローを説明する図である。

【図 1 7】

半導体露光装置への適用において、ツインステージを駆動するためのコイル列の構成を説明する図である。

【図 1 8】

半導体露光装置への適用において、ツインステージの動作を説明するための図である。

【図 1 9】

半導体露光装置への適用において、ツインステージの動作を説明するための図である。

【図 2 0】

可動子磁石の配置の変形例を示す図である。

【図 2 1】

可動子磁石の配置の変形例を示す図である。

【図 2 2】

コイルの冷却構造を説明する図である。

【図 2 3】

コイルの冷却構造を説明する図である。

【図 2 4】

従来例のステージ機構において、可動子の部分の構成を示す図である。

【図 2 5】

従来例のステージ機構において、固定子の部分の構成を示す図である。

【図 2 6】

従来例における固定子及び可動子の断面を示す図である。

【図 2 7】

可動子磁石の配置の別の変形例を示す図である。

【図 2 8】

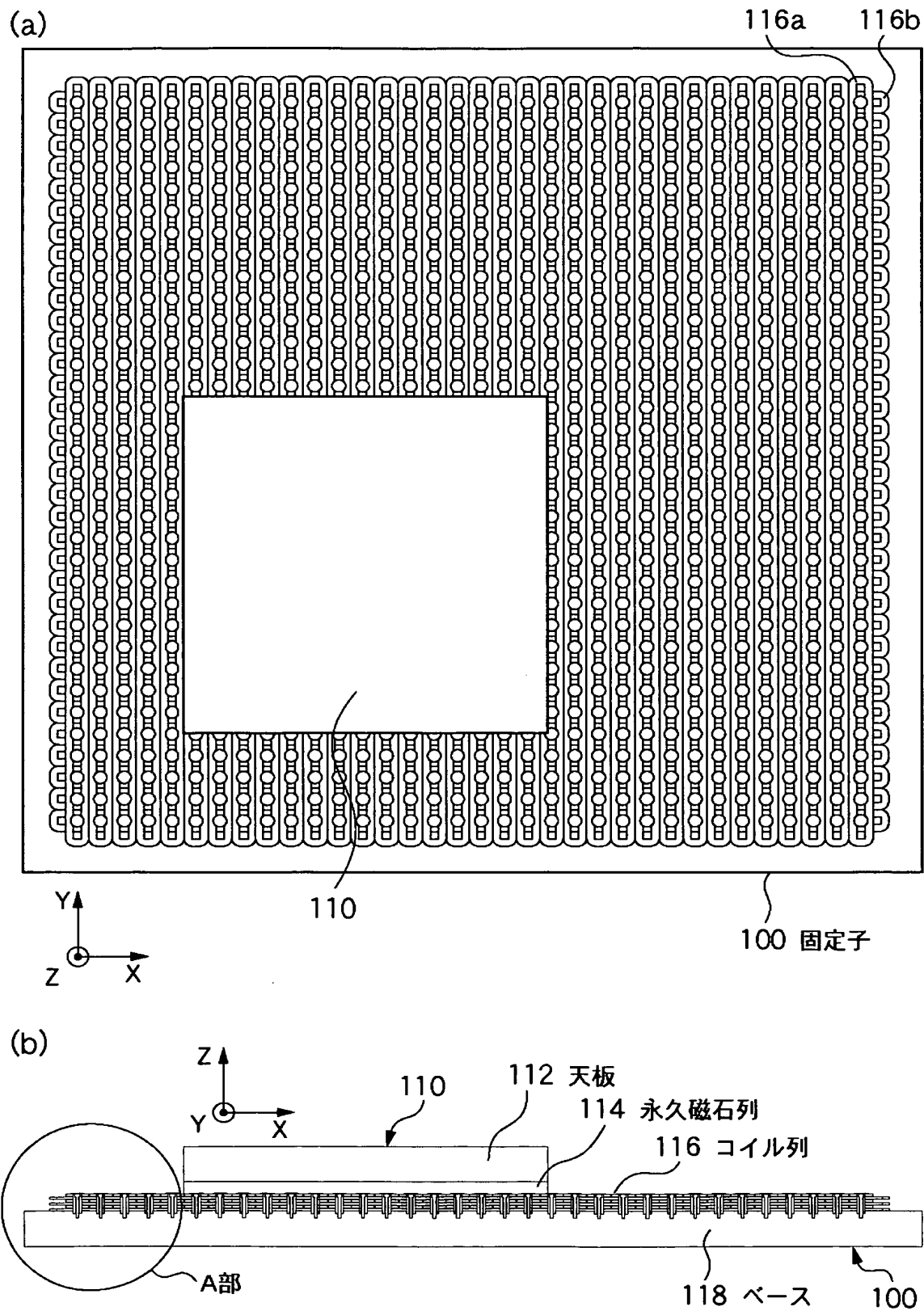
可動子磁石の配置の別の変形例を示す図である。

【図 2 9】

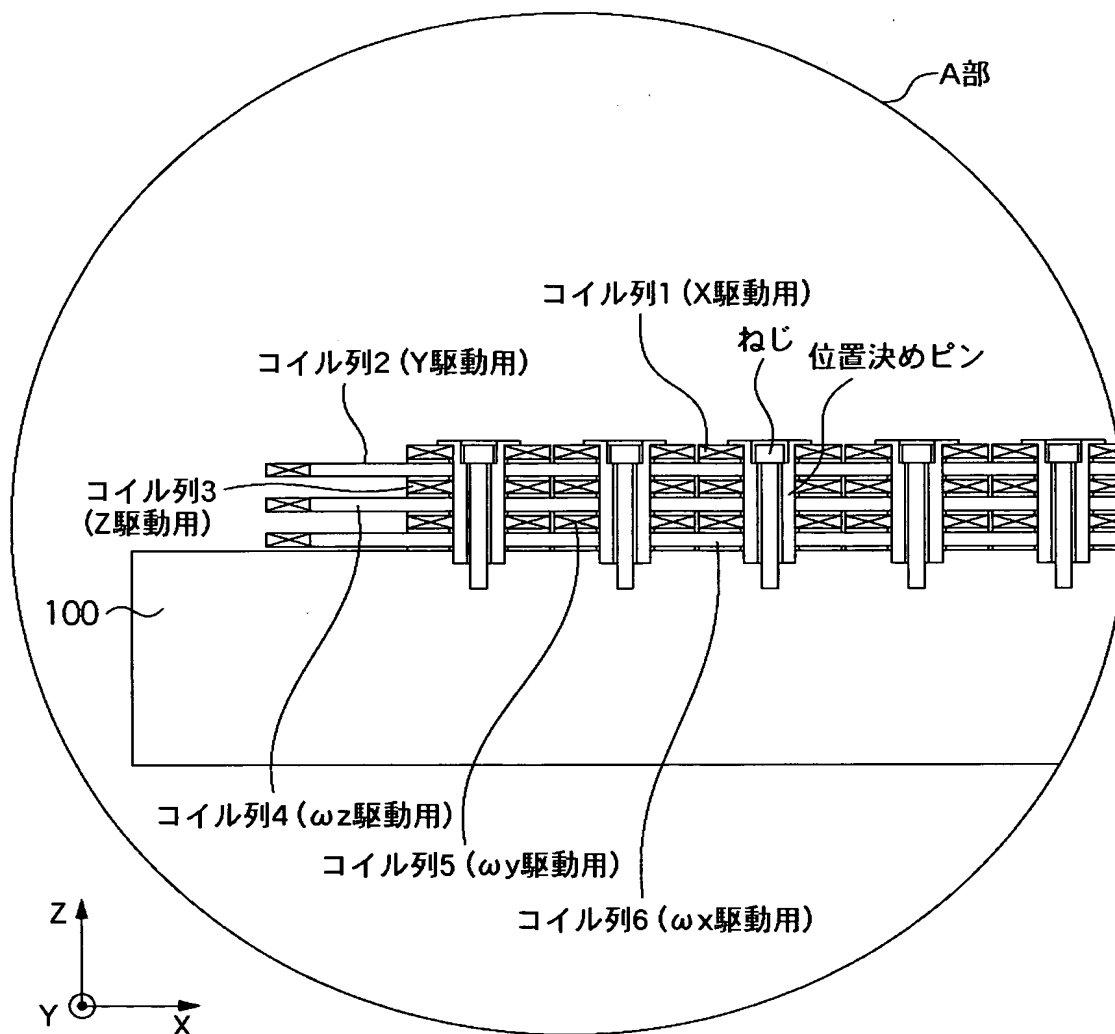
可動子磁石の配置の別の変形例を示す図である。

【書類名】 図面

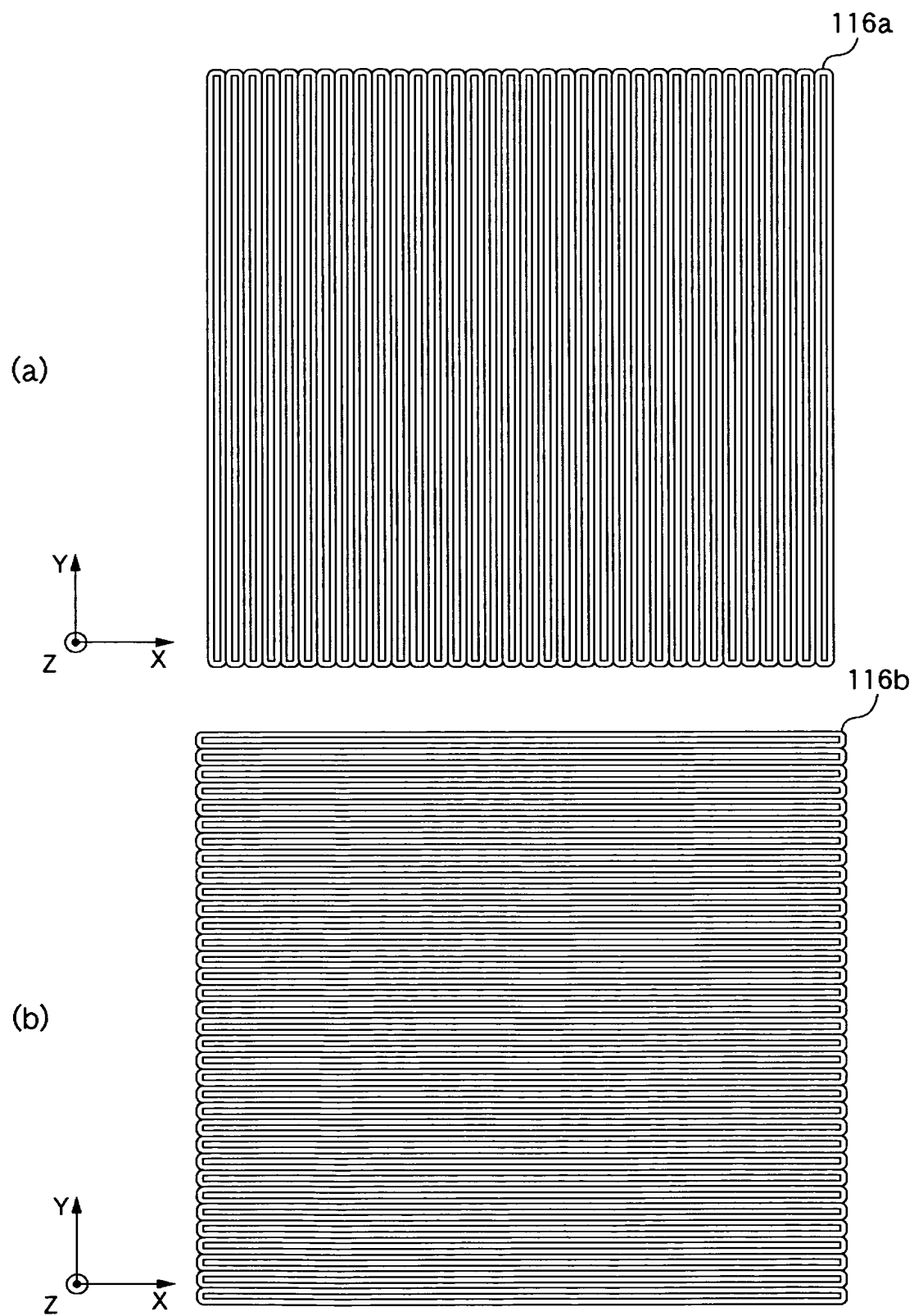
【図 1】



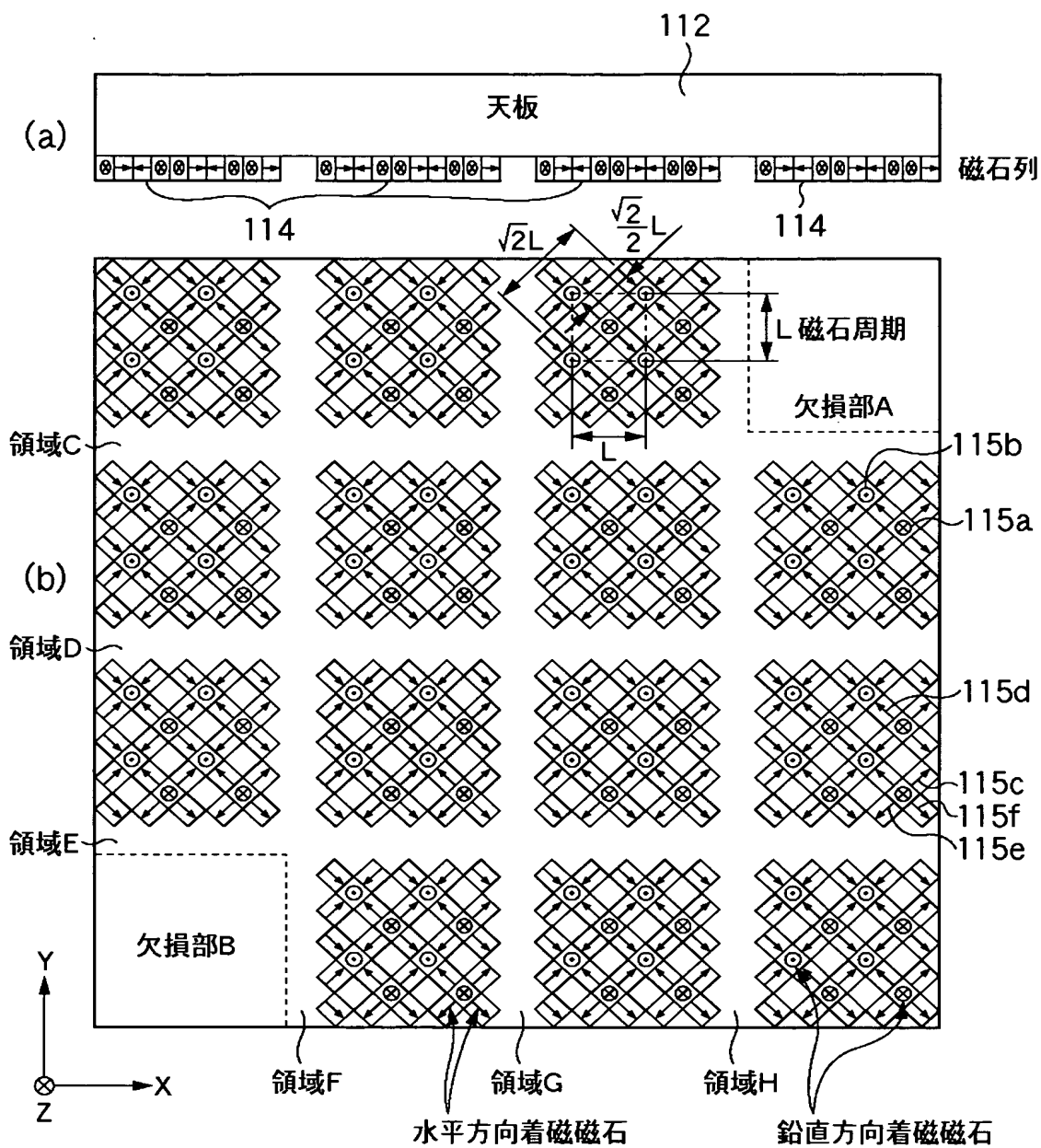
【図 2】



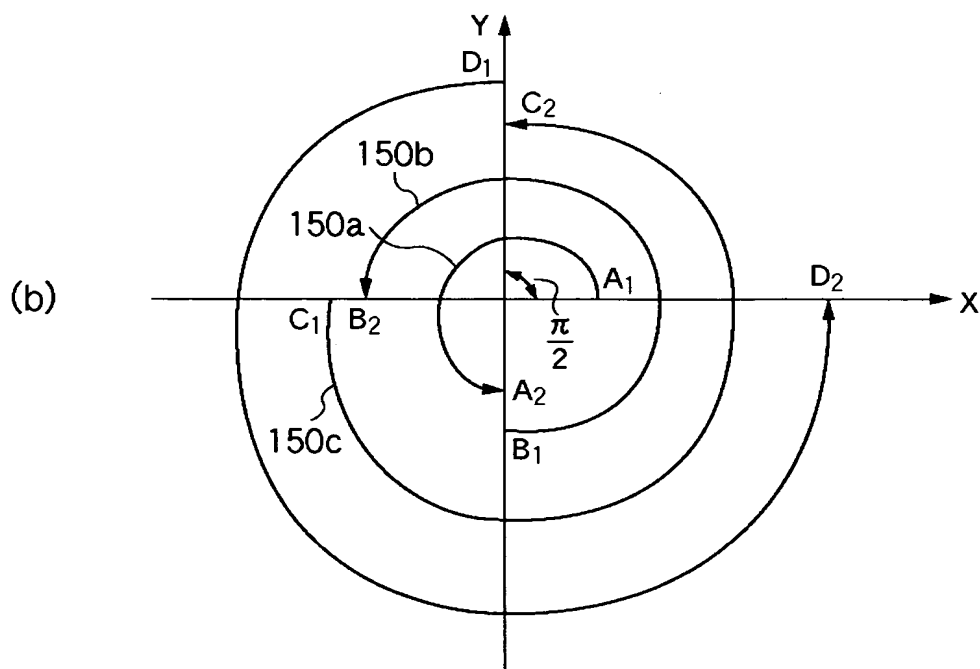
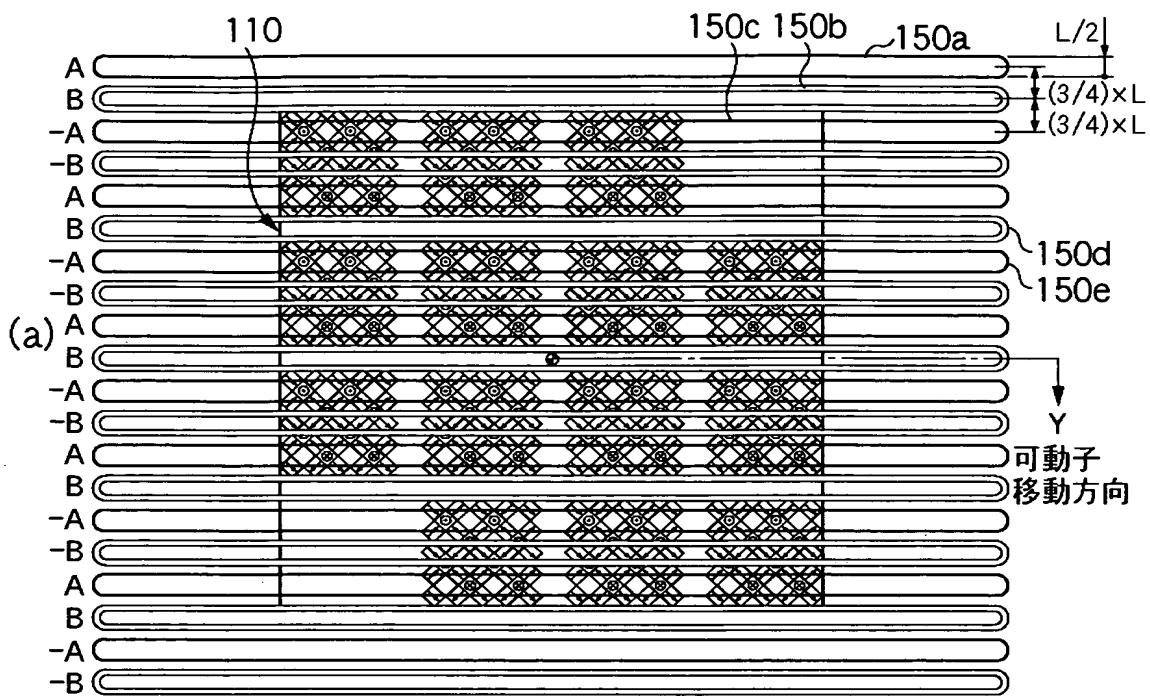
【図 3】



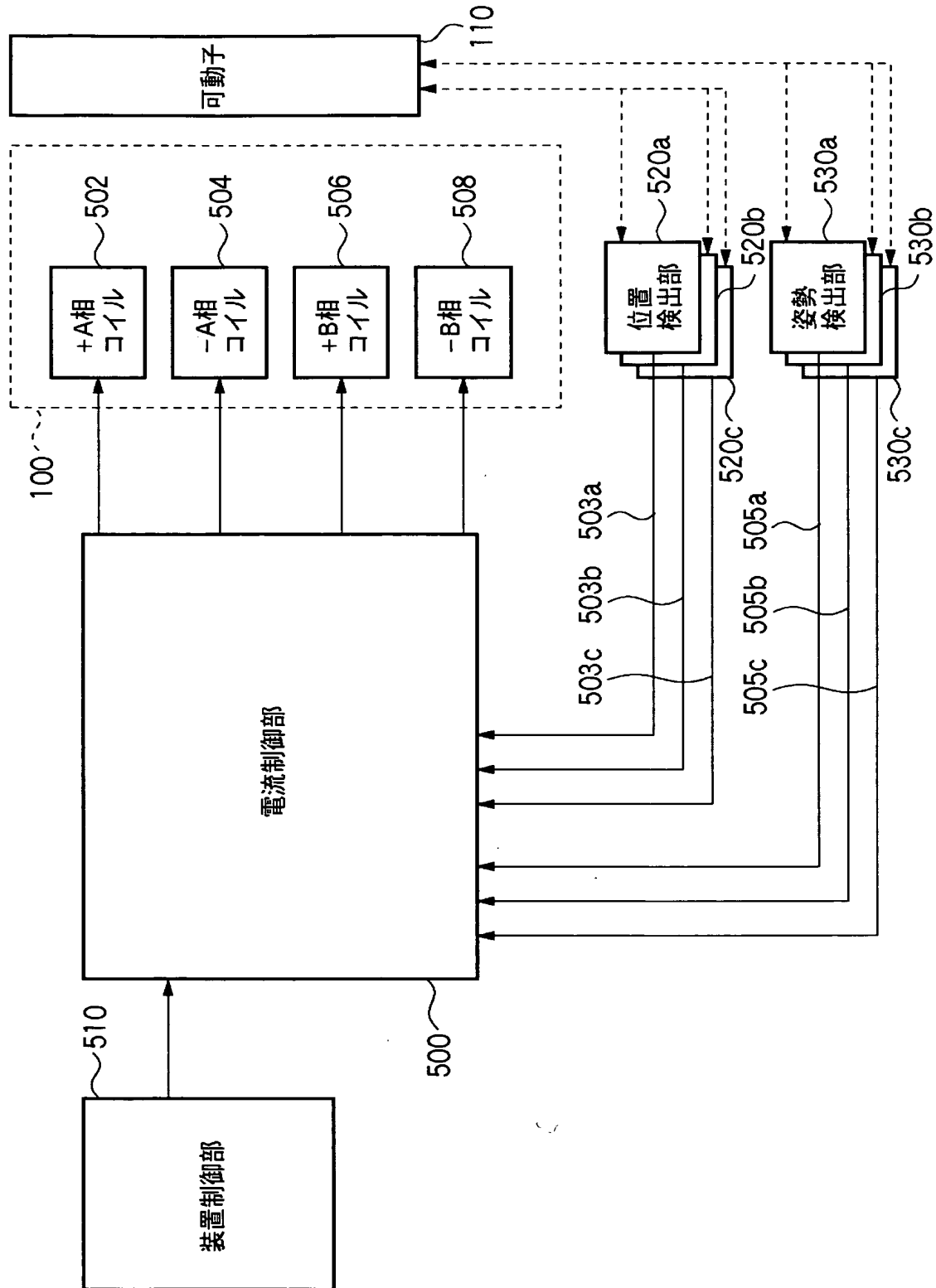
【図 4】



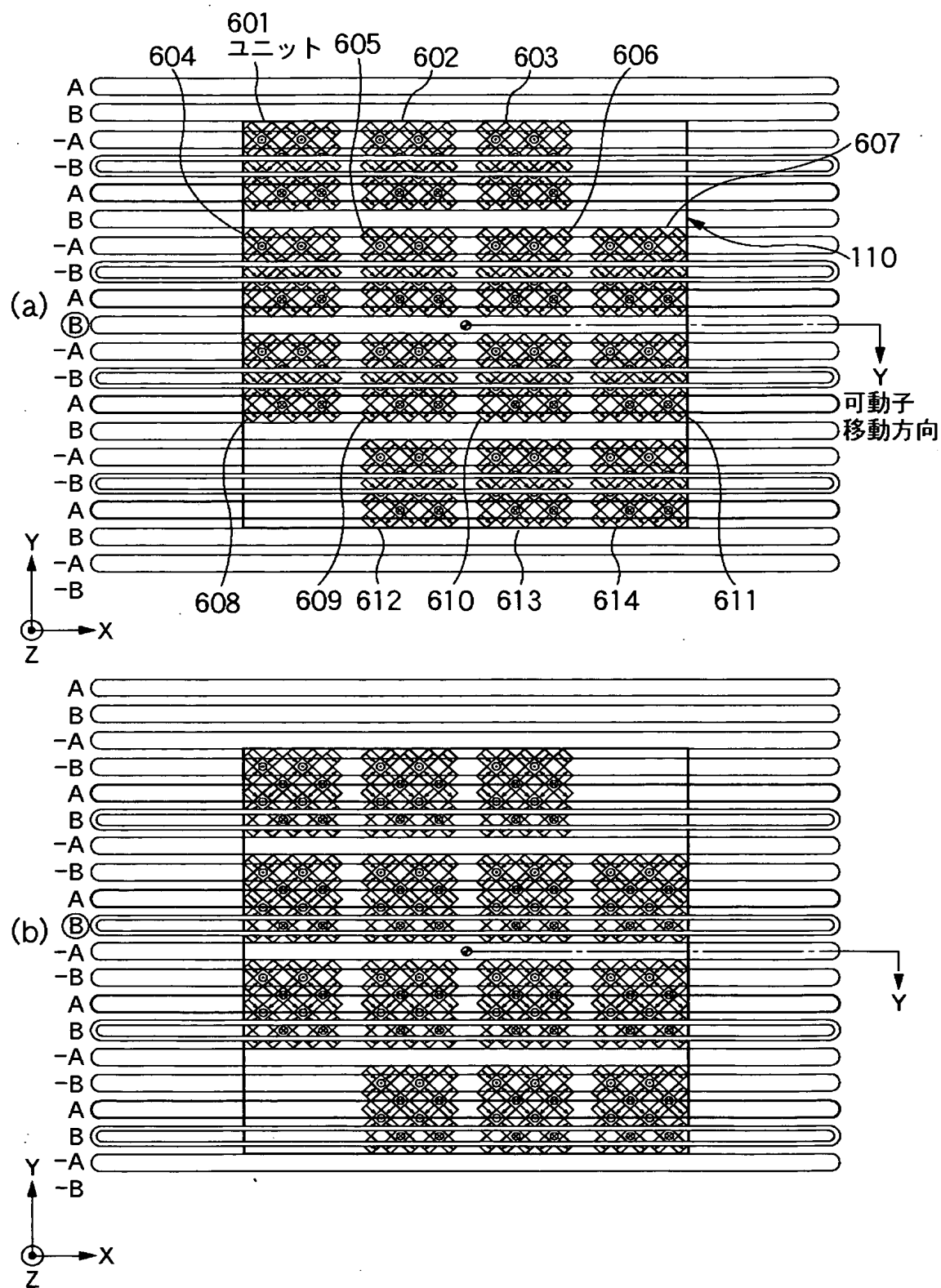
【図 5 A】



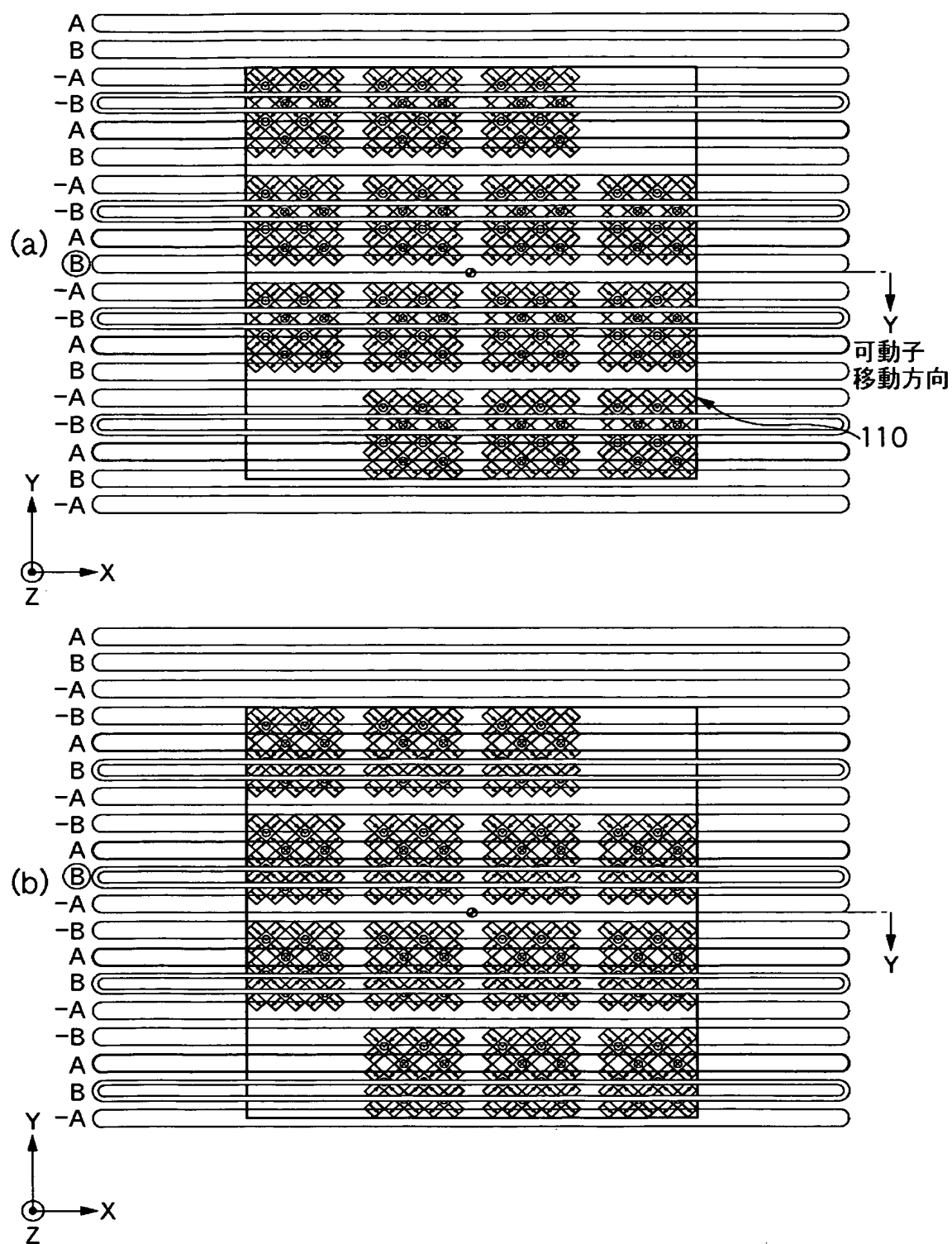
【図 5 B】



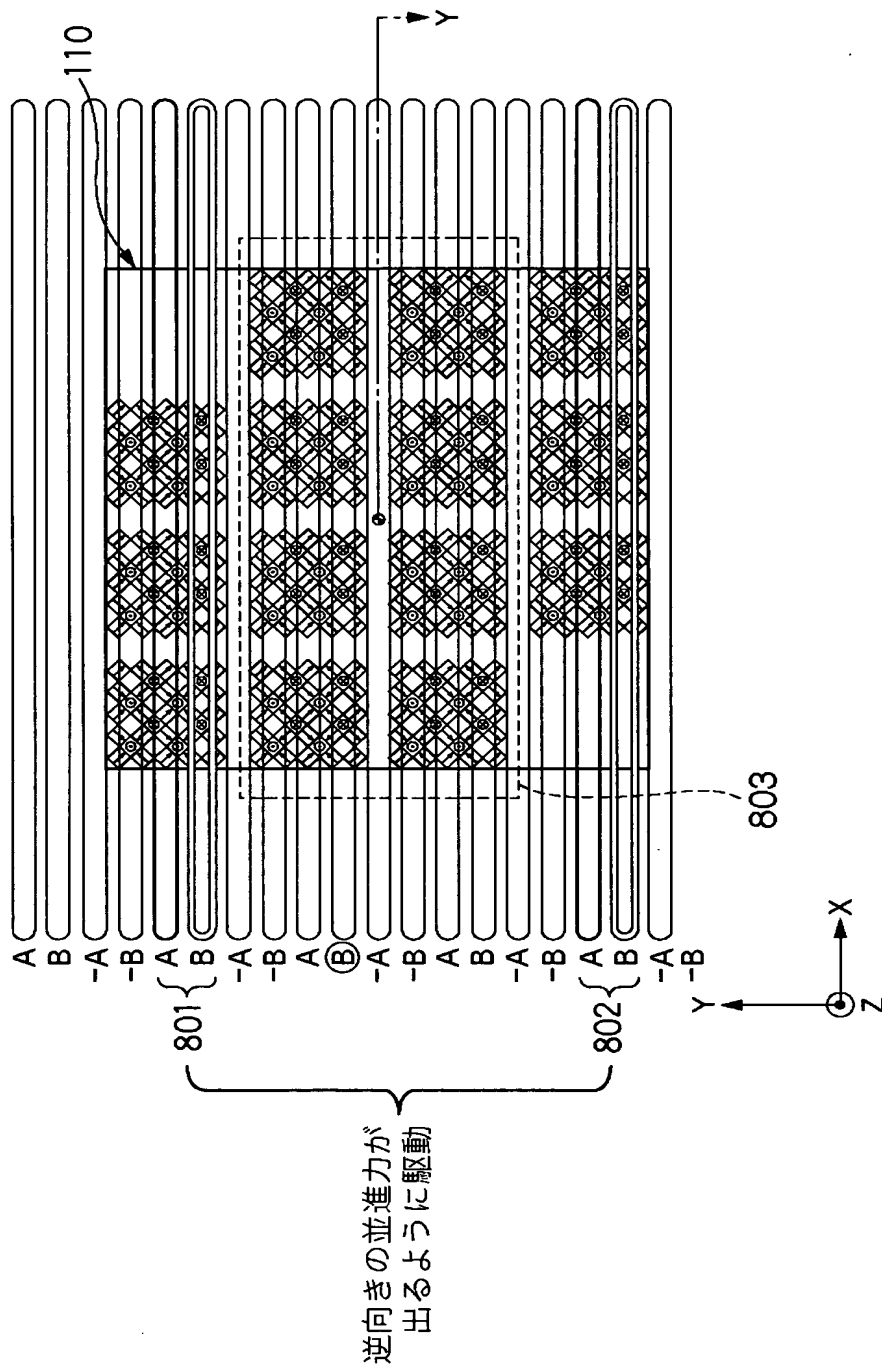
【図 6】



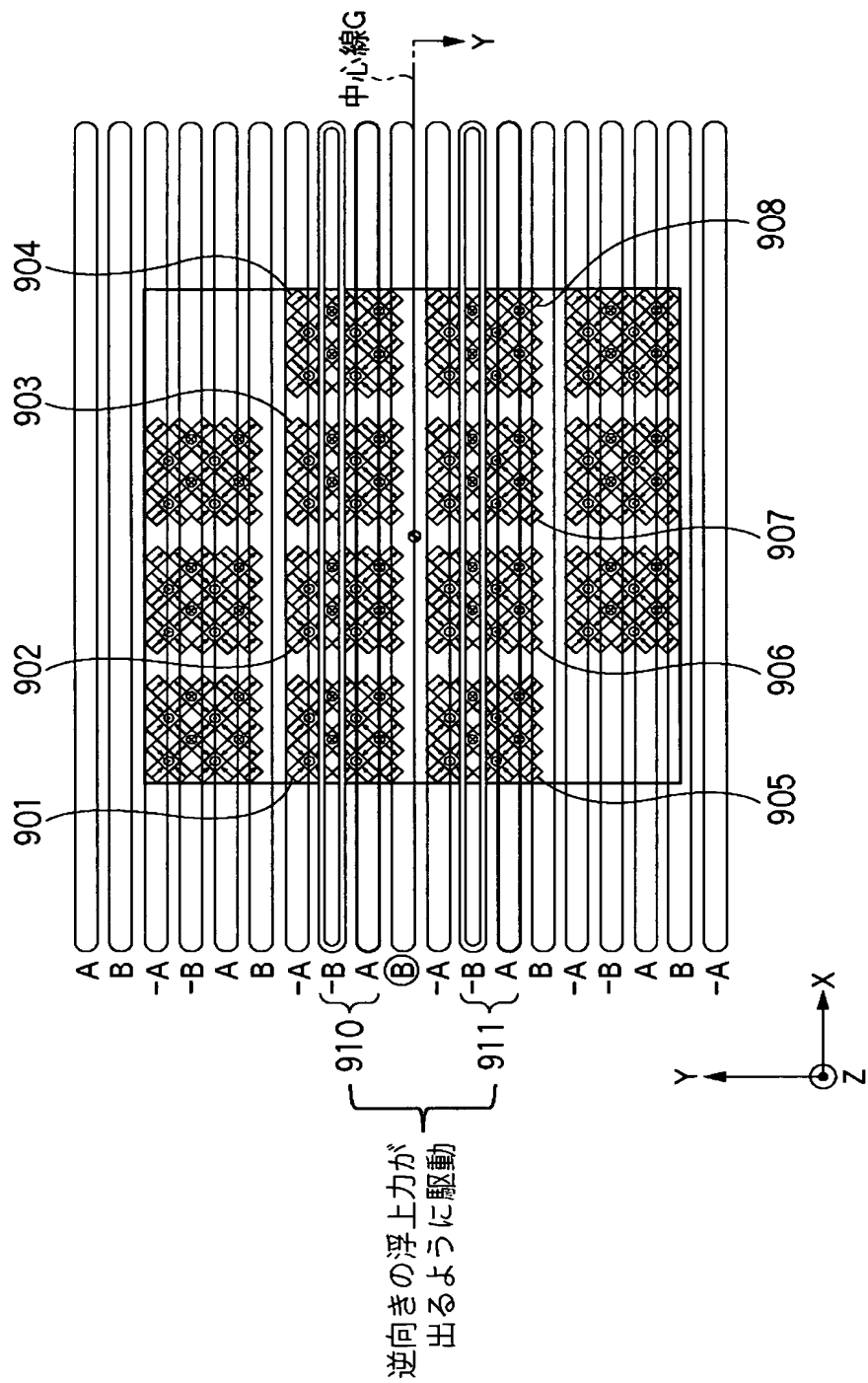
【図 7】



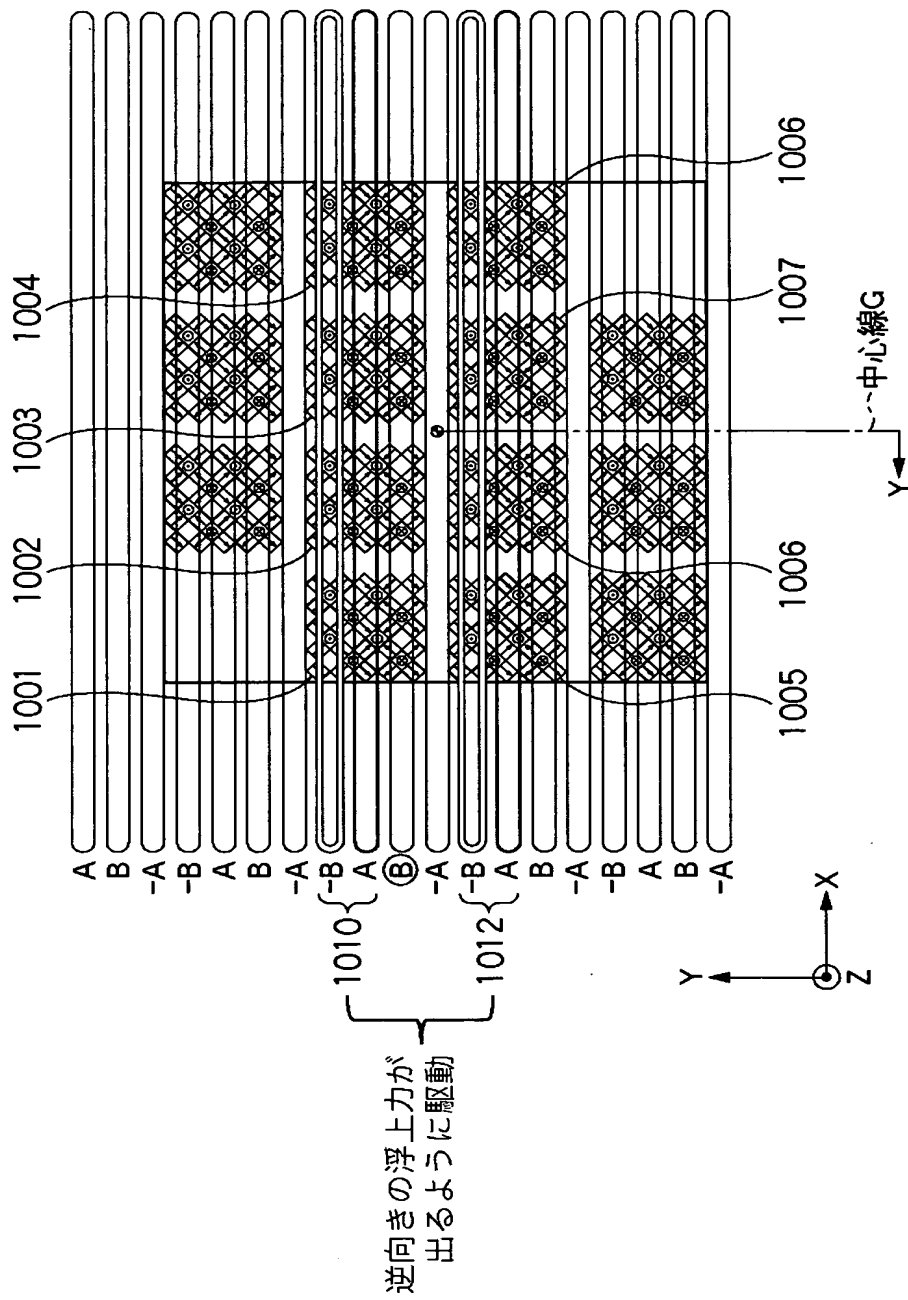
【図 8】



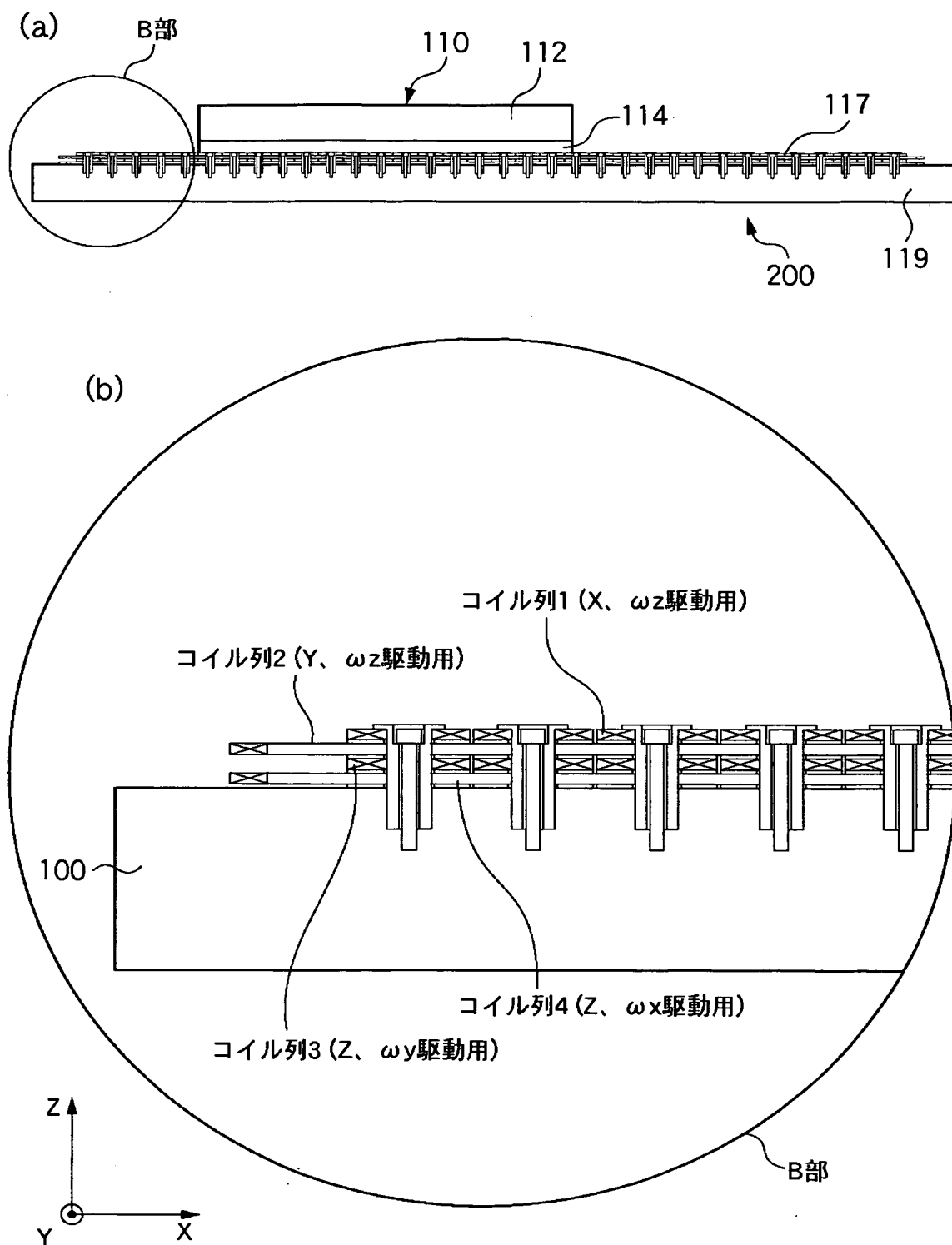
【図 9】



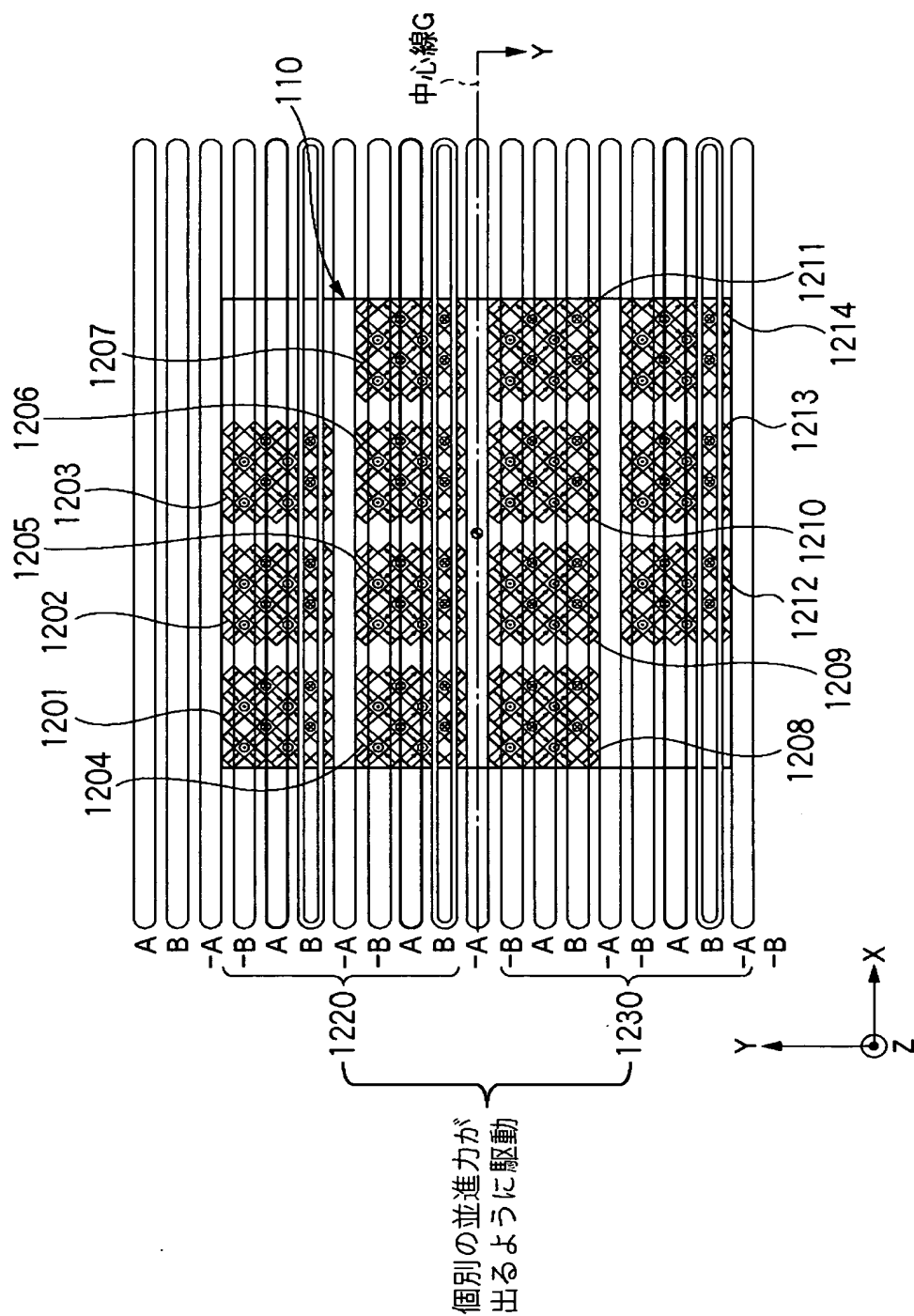
【図 10】



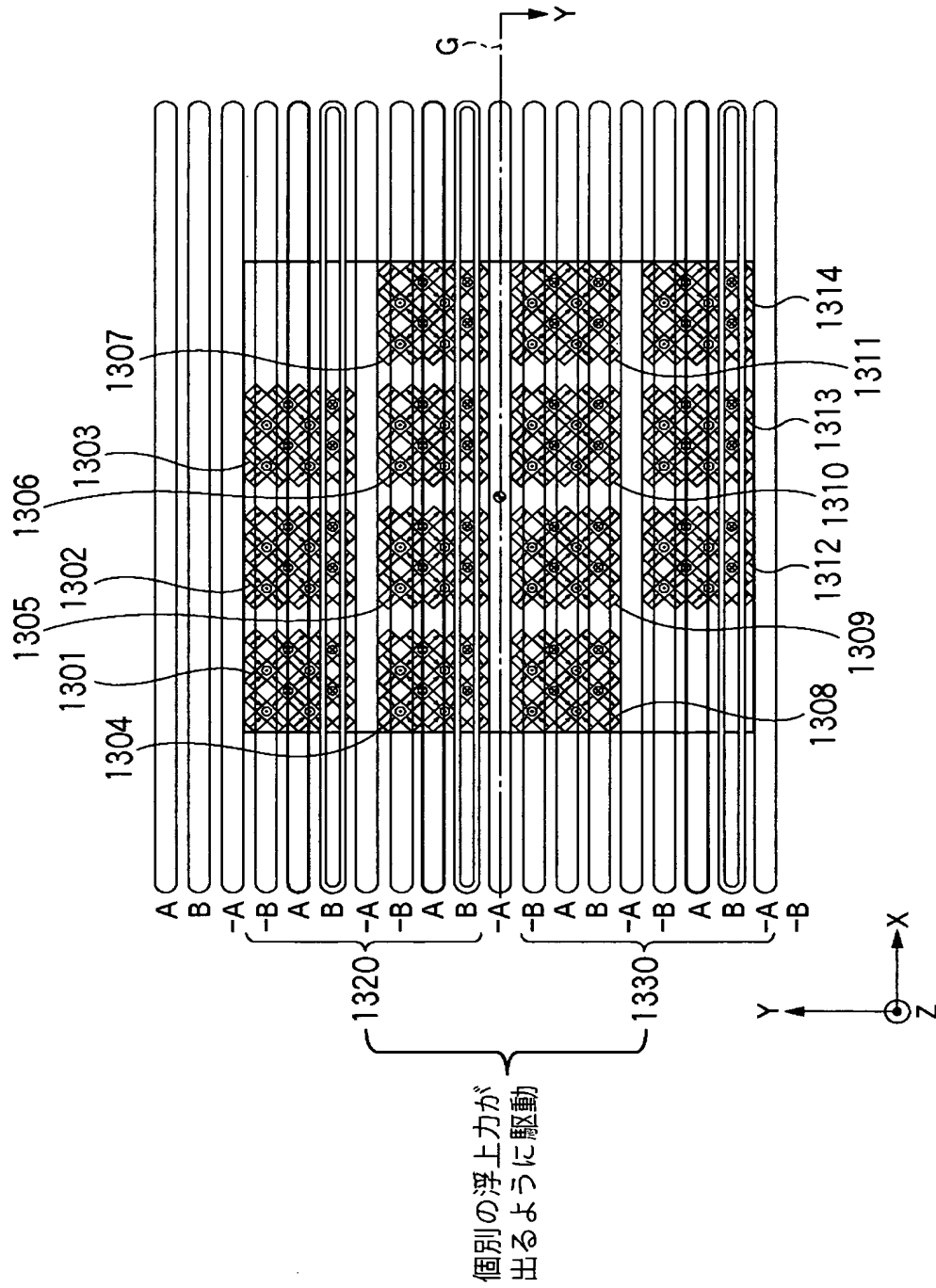
【図 11】



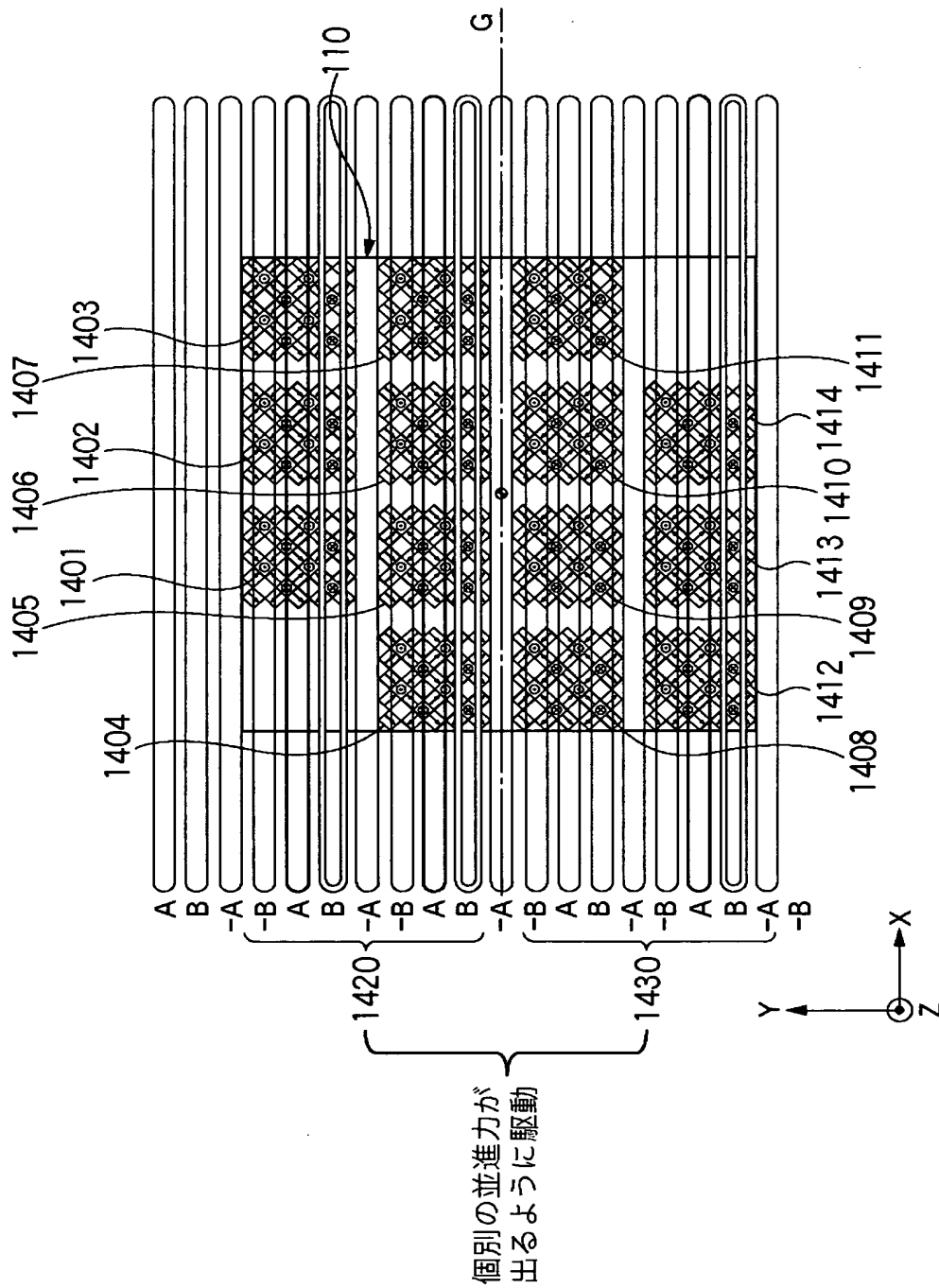
【図 12】



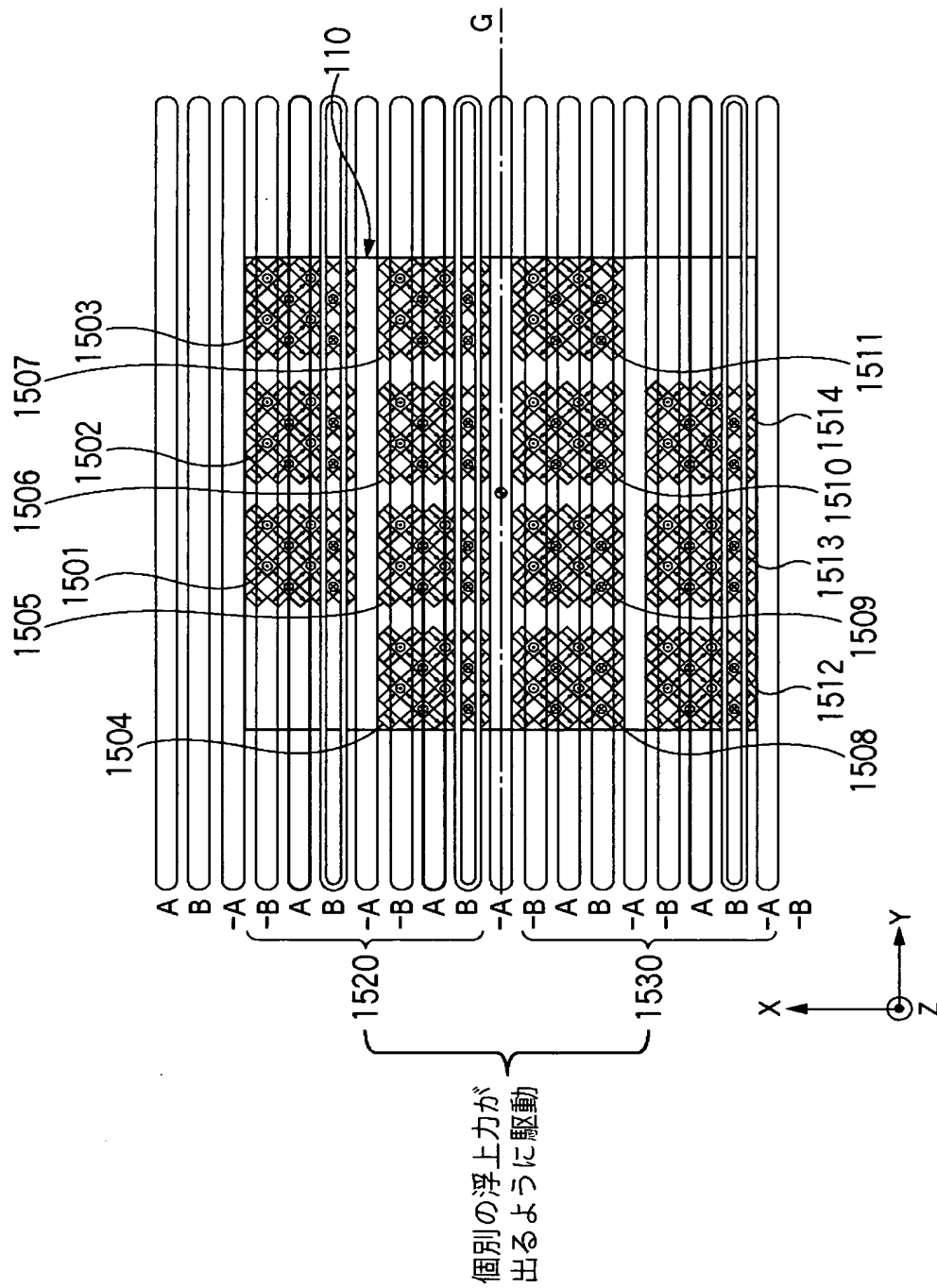
【図 13】



【図 14】

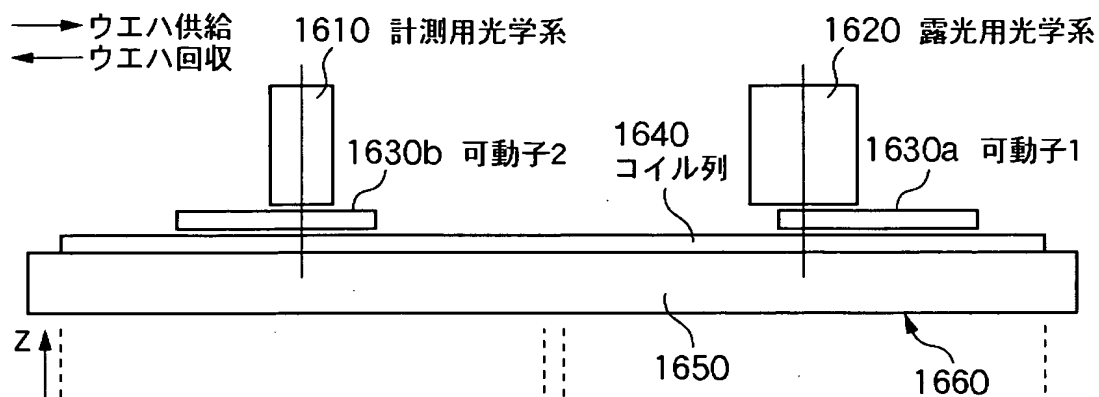


【図 15】

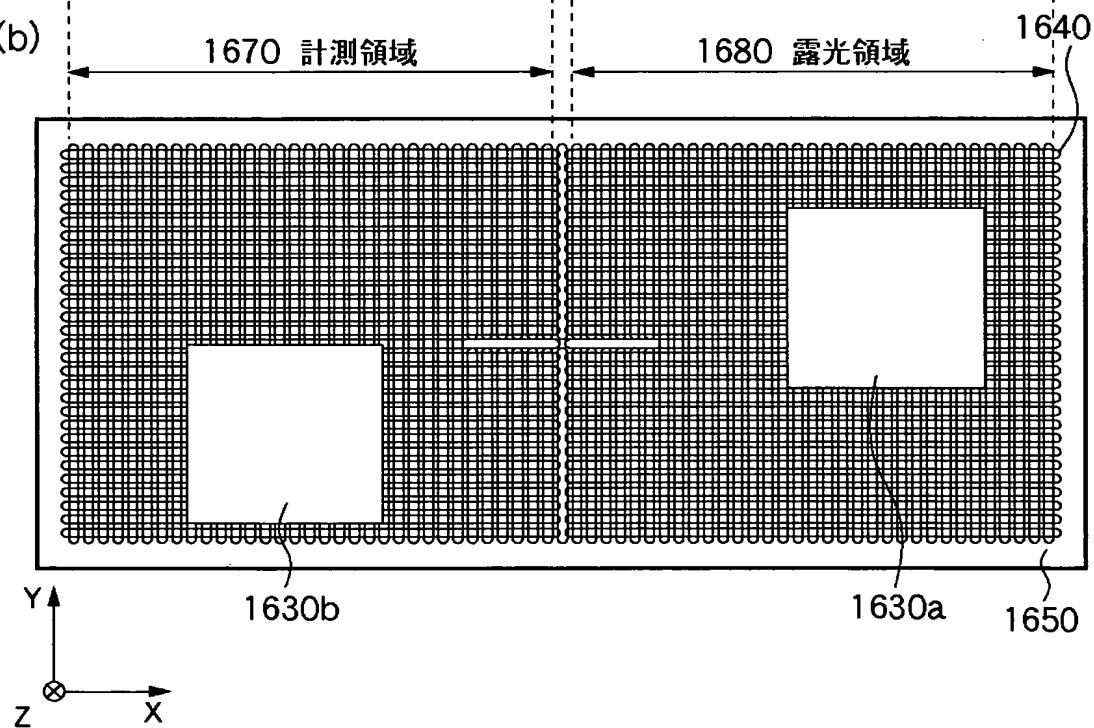


【図 16 A】

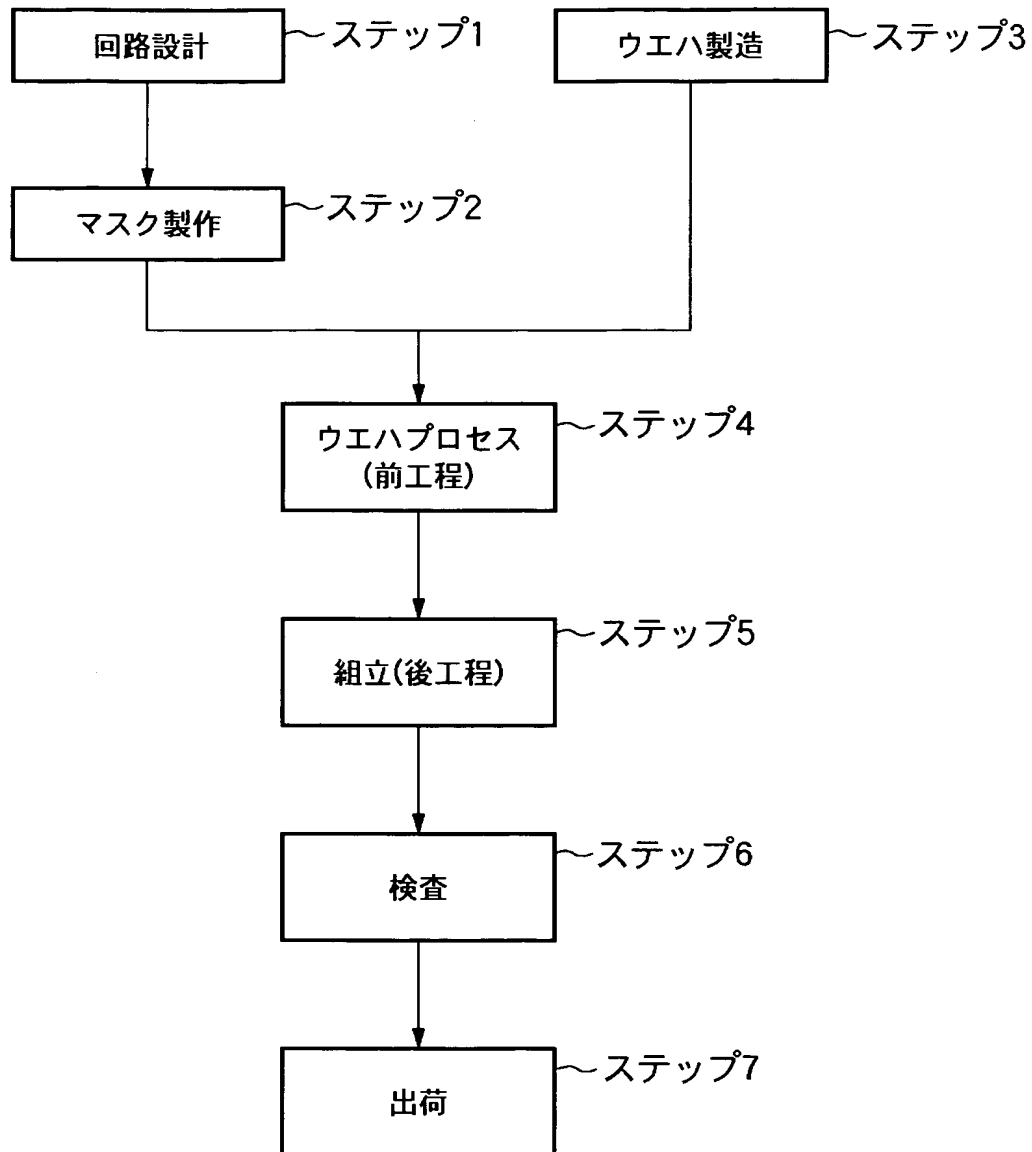
(a)



(b)

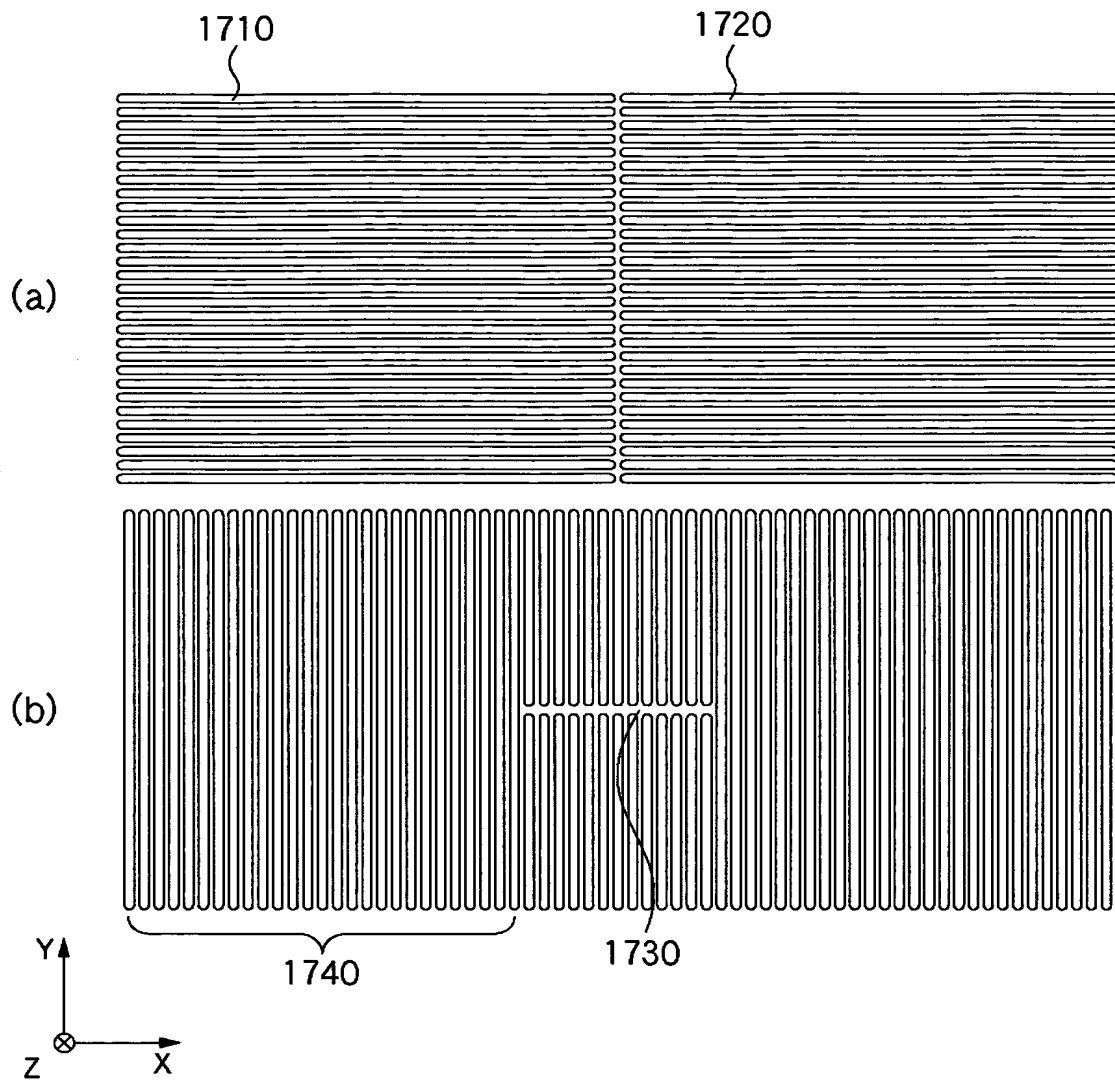


【図 16 B】

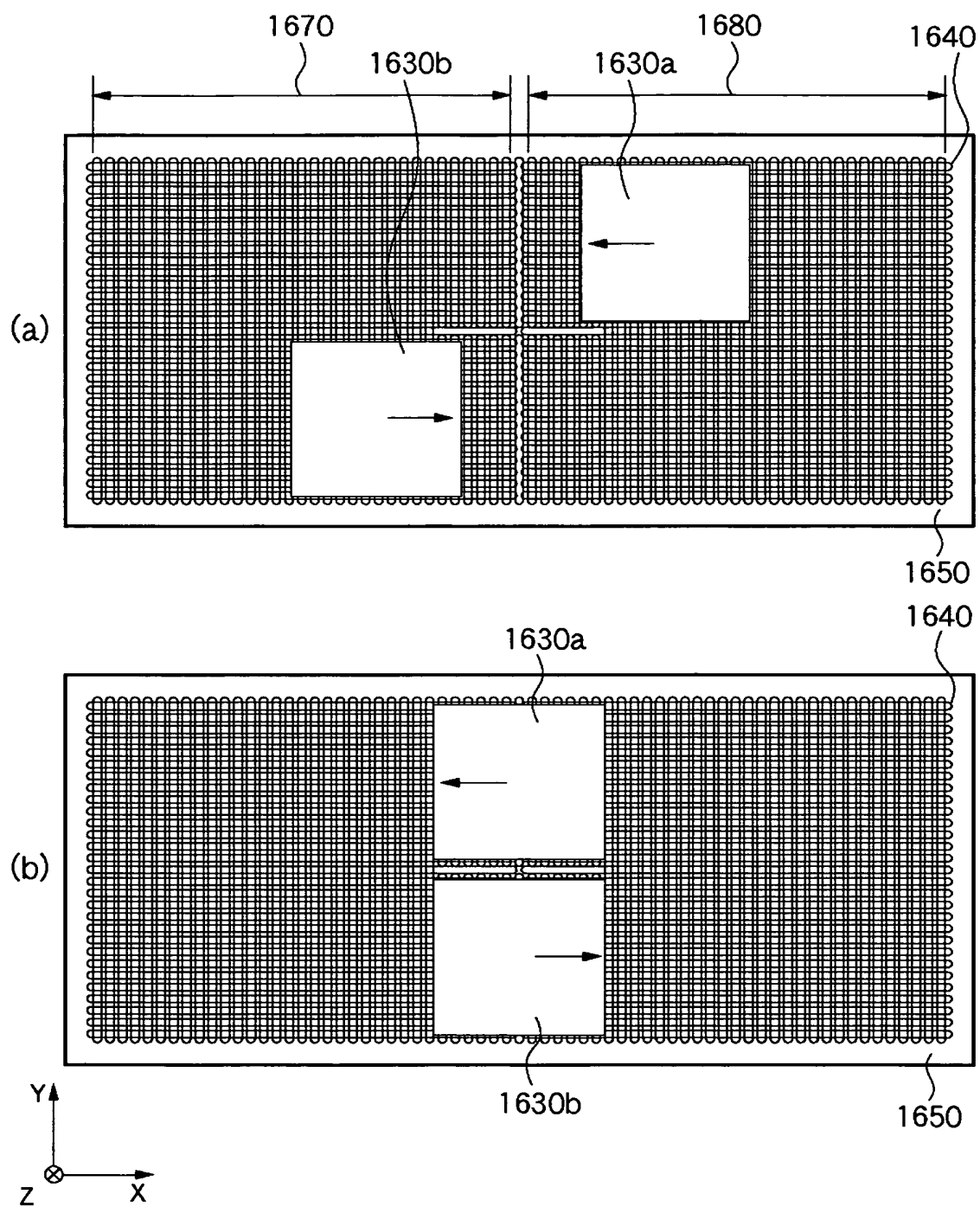


半導体デバイス製造フロー

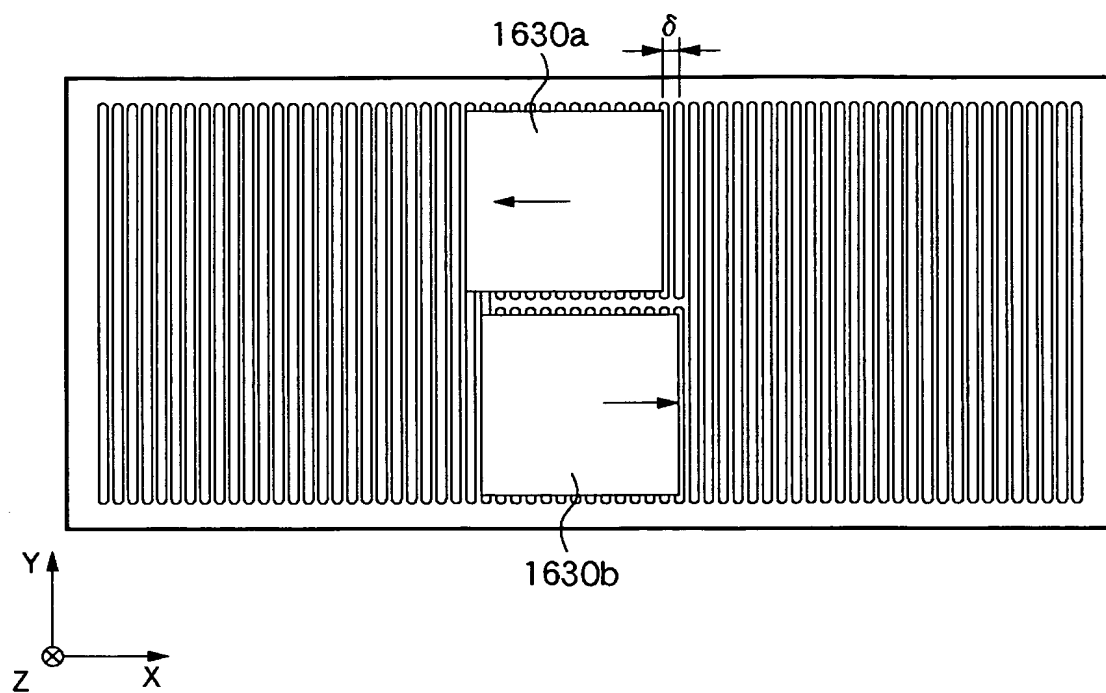
【図 17】



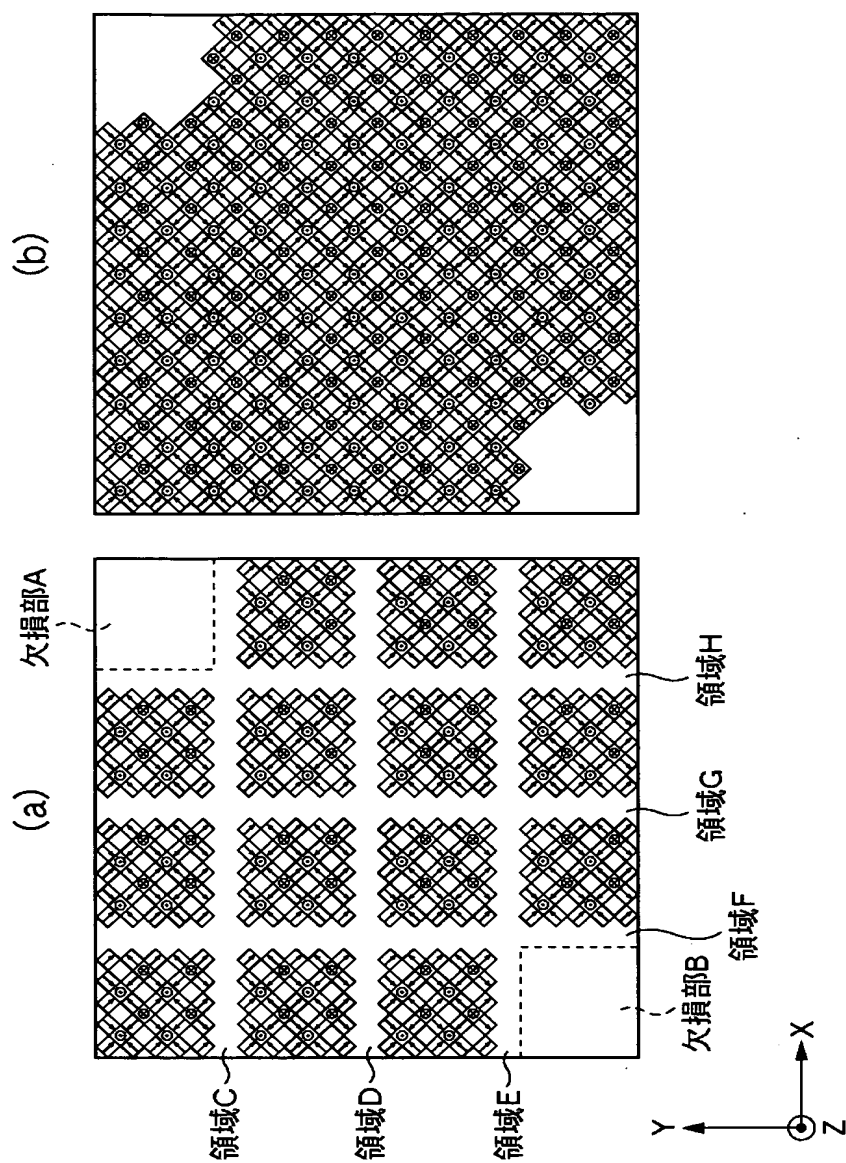
【図 18】



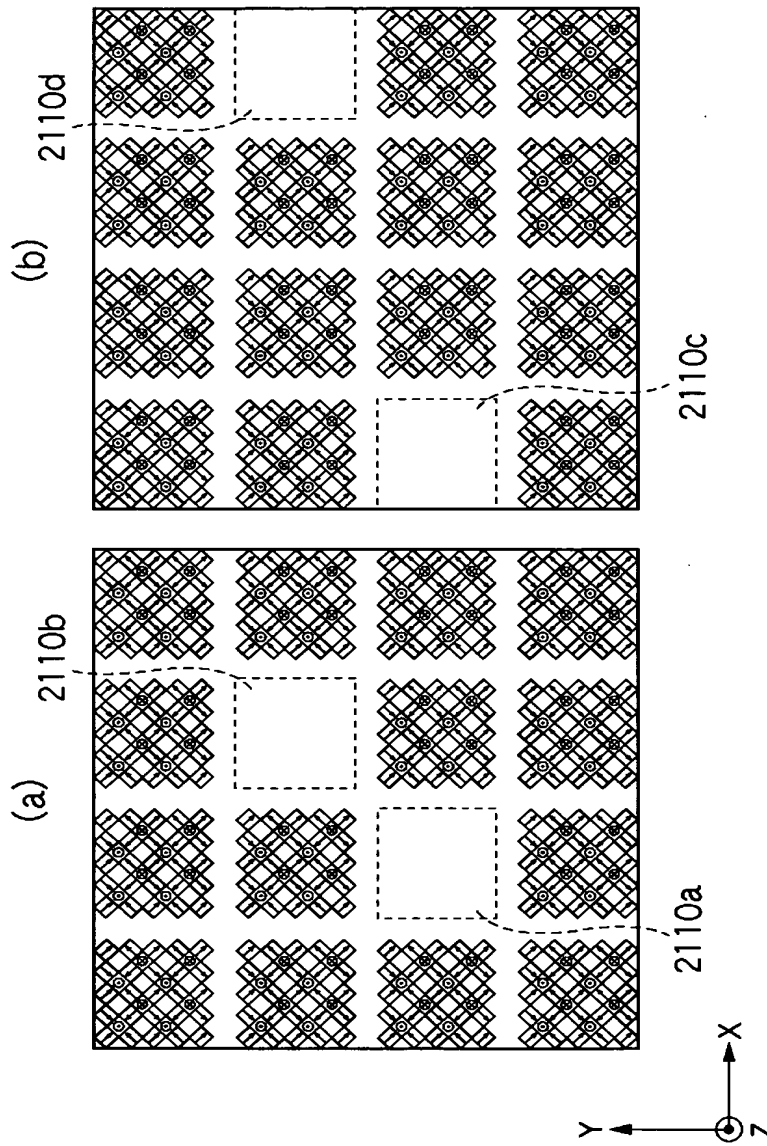
【図 19】



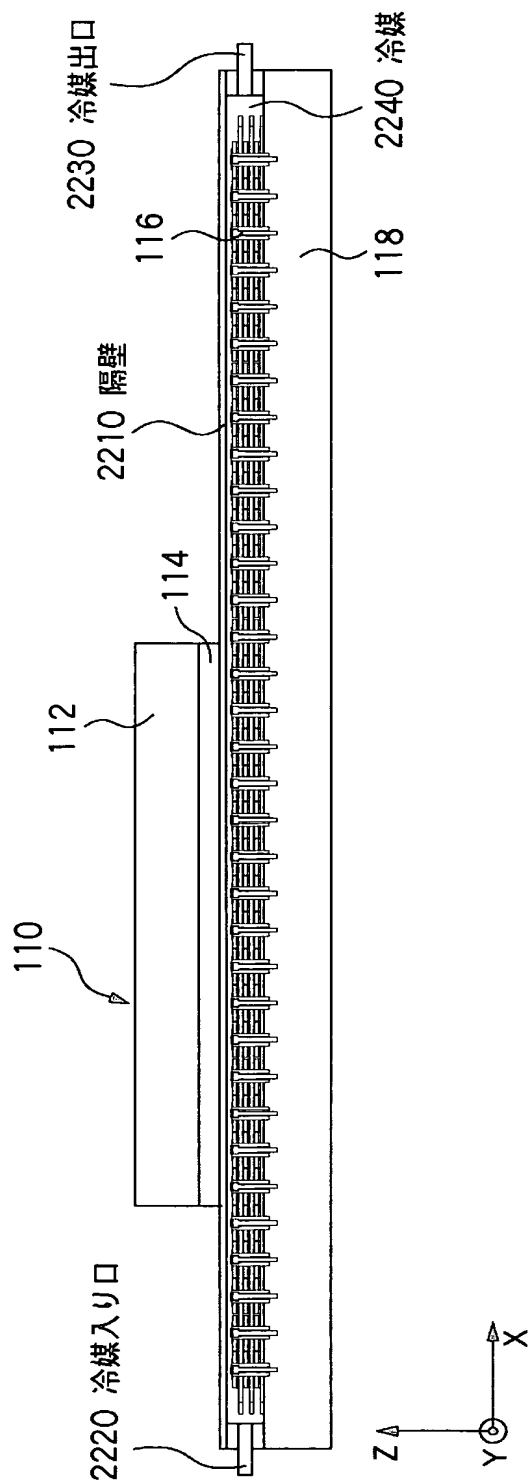
【図 20】



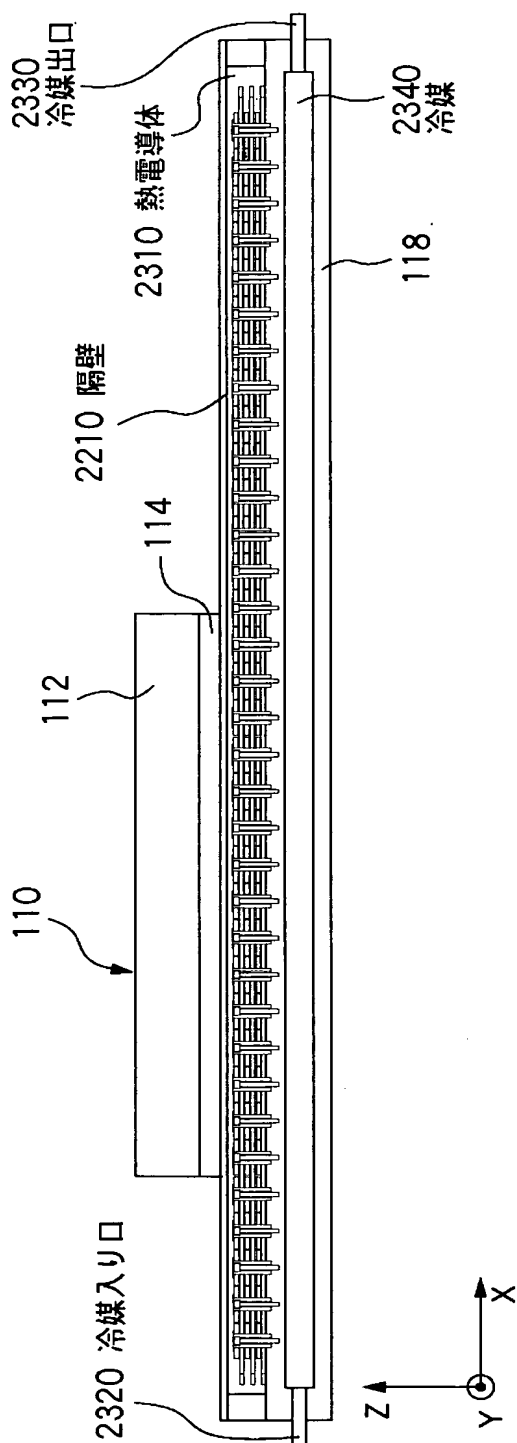
【図 21】



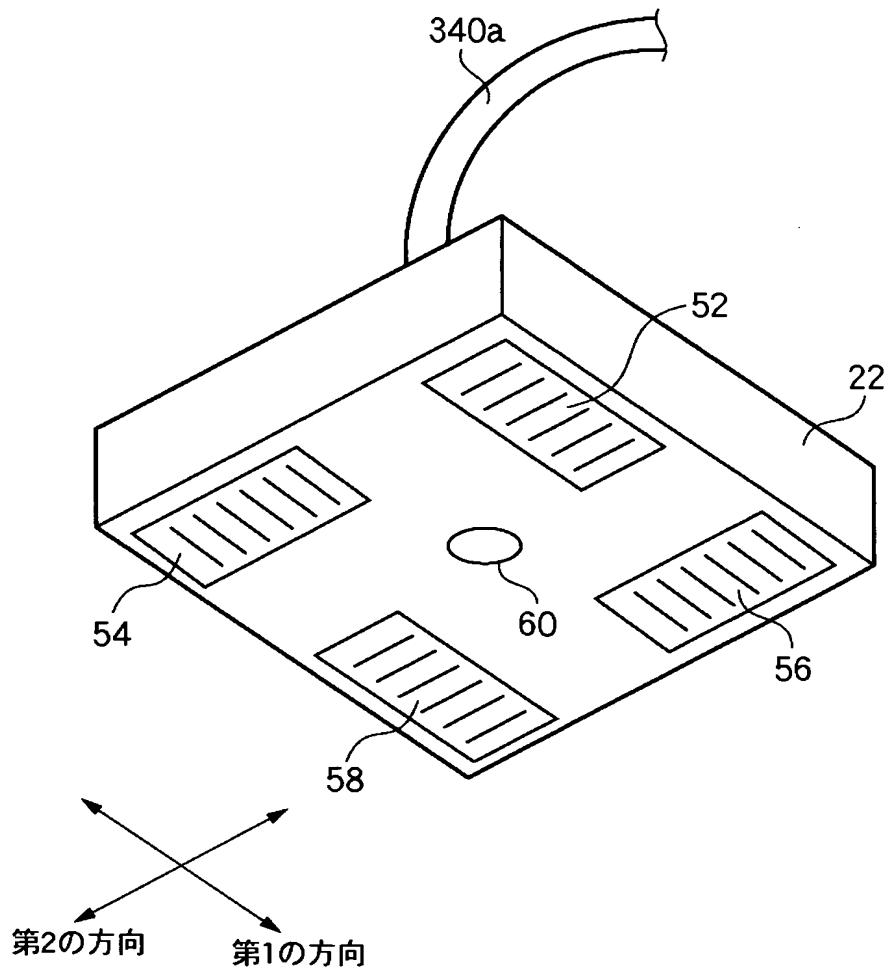
【図 22】



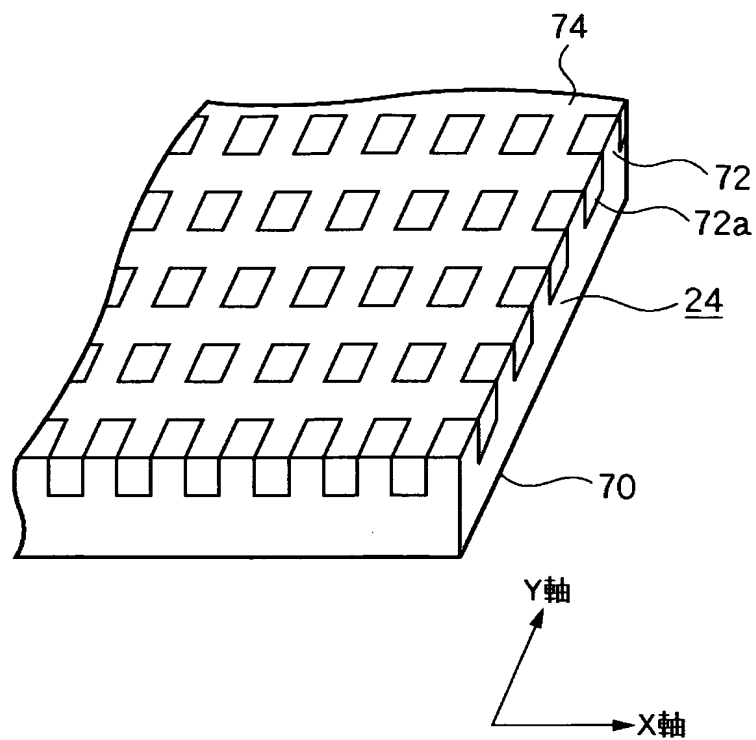
【図 23】



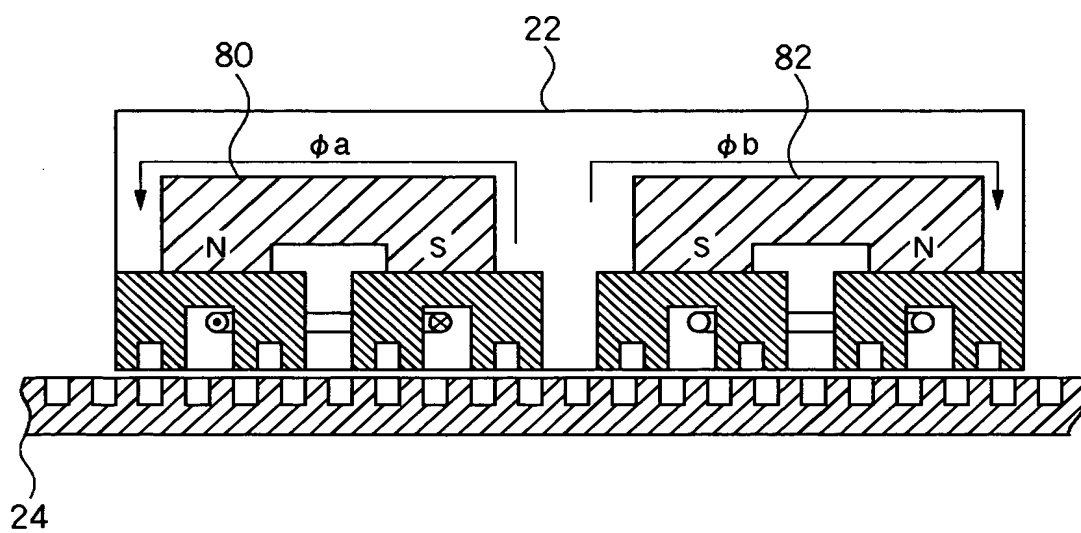
【図 24】



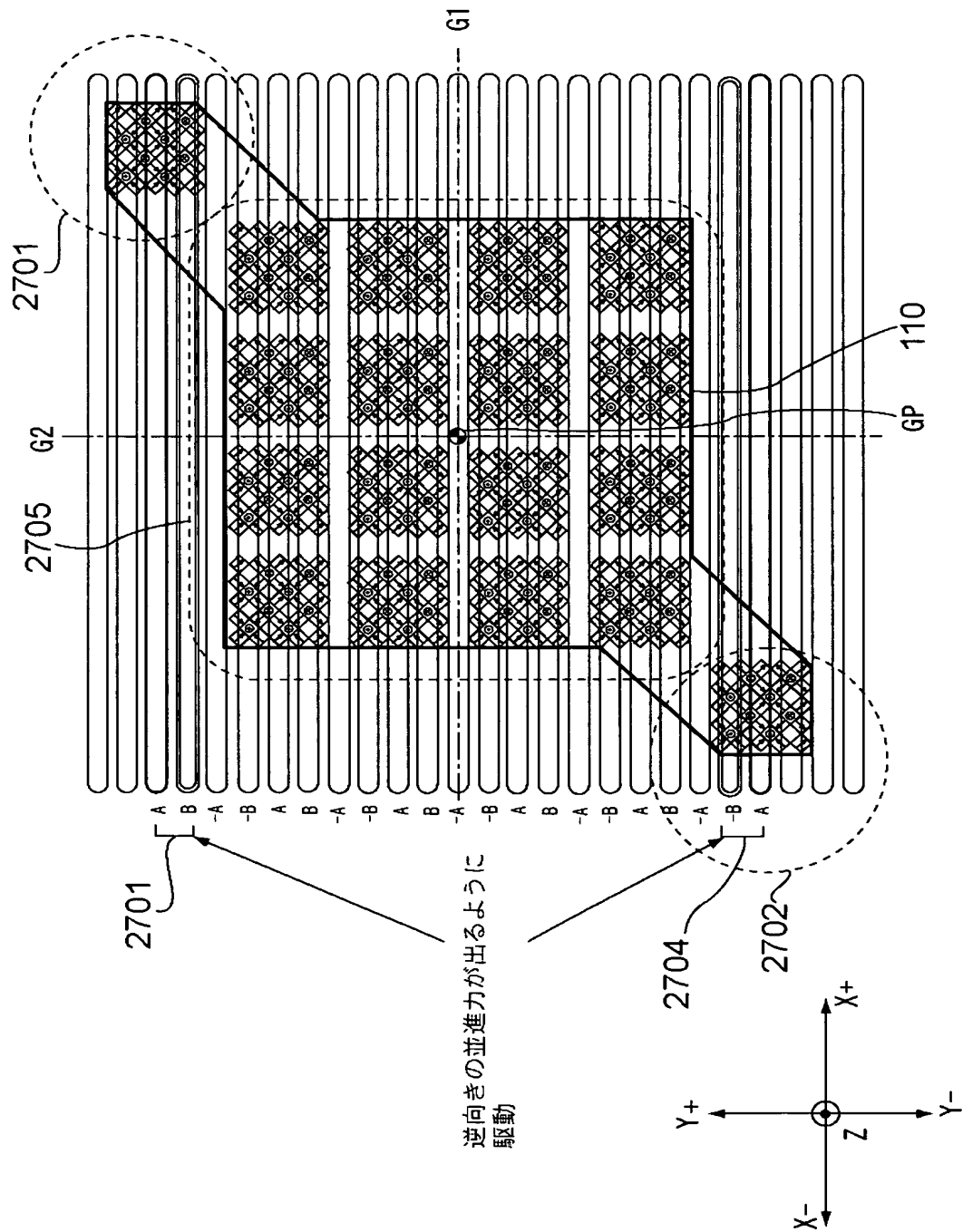
【図 25】



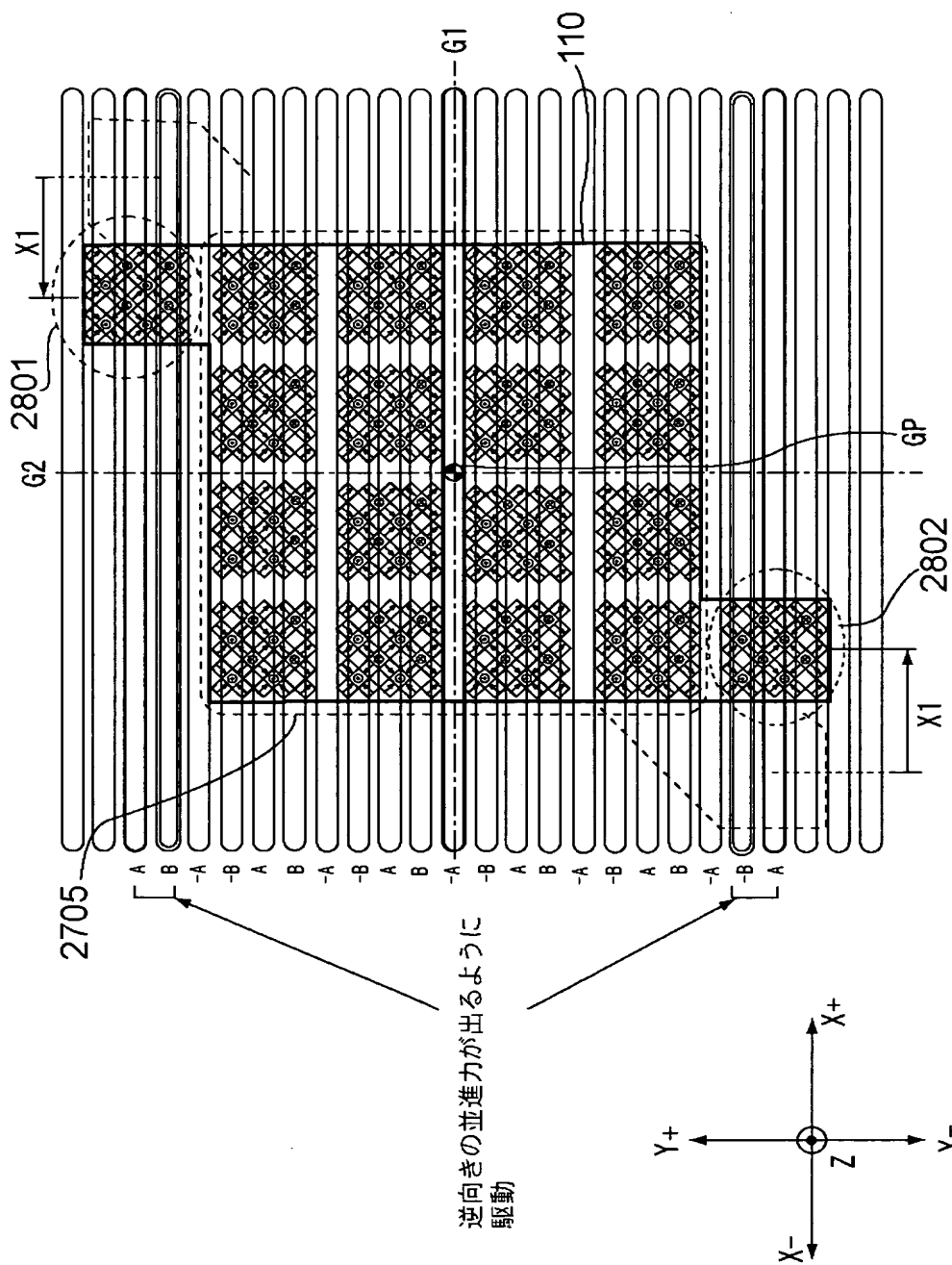
【図 26】



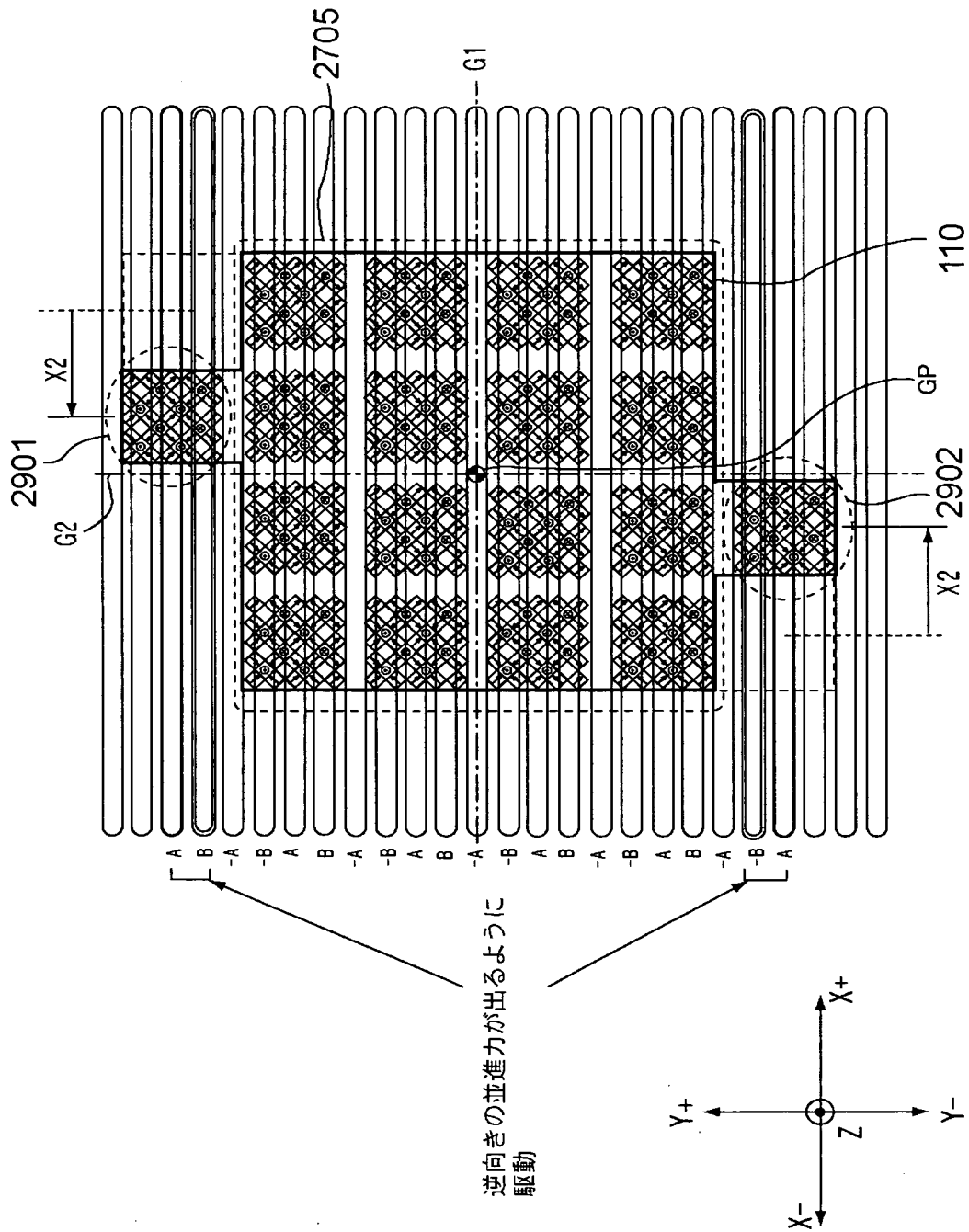
【図 27】



【図 28】



【図 29】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 固定子コイルと可動子磁石との間で、6 自由度方向の駆動力を発生させて、高精度な位置、姿勢制御を実現する。

【解決手段】 板状の可動子と、その可動子と対面する固定子との間で駆動力を発生させて、可動子の位置決めを制御する位置決め装置は、可動子の板状面内に、配列周期に従い配列し、所定の方法に着磁された可動子磁石（1 1 4）と、配列周期に対応する間隔で配列させた固定子コイル（1 1 6）と、隣接する固定子コイルに対して、位相差の異なる制御電流をそれぞれ供給し、可動子磁石と対面する前記固定子コイルとの間で、可動子を駆動させる駆動力を発生させる電流制御部とを有する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 2 3 8 3 2
受付番号	5 0 3 0 0 7 1 3 3 3 2
書類名	特許願
担当官	笹川 友子 9 4 8 2
作成日	平成 1 5 年 5 月 6 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】	000001007
【住所又は居所】	東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号
【氏名又は名称】	キヤノン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100076428
【住所又は居所】	東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 秀和紀尾井町 パークビル 7 F 大塚国際特許事務所
【氏名又は名称】	大塚 康徳

【選任した代理人】

【識別番号】	100112508
【住所又は居所】	東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 秀和紀尾井町 パークビル 7 F 大塚国際特許事務所
【氏名又は名称】	高柳 司郎

【選任した代理人】

【識別番号】	100115071
【住所又は居所】	東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 秀和紀尾井町 パークビル 7 F 大塚国際特許事務所
【氏名又は名称】	大塚 康弘

【選任した代理人】

【識別番号】	100116894
【住所又は居所】	東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 秀和紀尾井町 パークビル 7 F 大塚国際特許事務所
【氏名又は名称】	木村 秀二

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 2 3 8 3 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キャノン株式会社